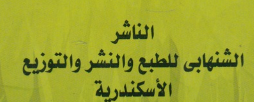


تغذية النبات

الأستاذ الدكتور
عبد المنعم محمد بلبع

الناشر
الشنهابى للطبع والنشر والتوزيع
الأسكندرية



تغـــذية النبـــات

دكتور

عبد المنعم محمد بلبع

B. Sc. Dipl. (Stat.), MS.c., Ph.D.

أستاذ علوم الأراضى والمياه

كلية الزراعة - جامعة الإسكندرية

إسم الكتاب: تغـــذية النبـــات

إسم المؤلف: الأستاذ الدكتور/ عبد المنعم محمد بلبع

رقم الإيداع بدار الكتب والوثائق المصرية: ٢٠٠٢/٤٨٢١

الترقيم الدولي: I.S.B.N. 977 - 5463 -42-4

الطبعة الأولى

الناشر: الشنهابى للطبع والنشر والتوزيع

الطباعة: الشنهابى للطبع والنشر والتوزيع

المركز الرئيسي: نهاية شارع درويش بك - ميدان غبريال - رمل الإسكندرية

تليفون: ٥٧٤٨٦١٨ تليفاكس: ٥٧٤١٢٣٣

المطابع: مرغم ك ٢٥,٥ طريق إسكندرية القاهرة الصحراوى - بحرى الطريق

شارع مسجد الإحسان - أمام مدخل المستعمرة

تليفونات :- ٠١٠١١٨٩٠٣٠ - ٠١٢٢٤٤١٠٤٤ - ٠١٢٤٢٤٣٠٥١

بسم الله الرحمن الرحيم

وآية لهم الأرض الميتة أحييناها وأخرجنا منها حباً فمنــه يـأكلون ﴿*﴾
وجعلنا فيها جنات من نخيل وأعنـاب وفجرنـا فيهـا مـن العيـون ﴿*﴾
ليأكلوا من ثمره وما عملته أيديهم أفلا يشكرون ﴿*﴾

صدق الله العظيم

ســورة يس (الآيات ٣٣-٣٥)

محتويات الكتاب

صفحة

مُقَدِّمَة

القارئ الكريم ...

الحديث عن تغذية النبات يرتبط دائماً بمجالين أساسيين الأول مجال فسيولوجيا النبات (علم وظائف الأعضاء) فالتغذية تكاد تكون عملية فسيولوجية كيميائية يصعب على من يكتب عن التغذية أن يضع حداً فاصلا بينها وبين الفسيولوجيا .

وترتبط تغذية النبات ارتباطا وثيقا بمجال علم الأراضى بحكم أن النبات ينمو عادة فى الأرض وتمتد جذوره فيها وتمتص العناصر المغذية والماء منها . على أى حال أرجو أن أكون قد وفقت فى فصل موضوع تغذية النبات عن هذين المجالين خصوصاً وأن لى كتابا آخر فى خصوبة الأراضى والتسميد شديد الارتباط بموضوع تغذية النبات .

وتغذية النبات ليست علما أكاديميا خالصا بل شديد الارتباط بالإنتاج الزراعي فالتسميد عملية زراعية على جانب كبير من الأهمية وهو أساسيا محاولة لتطبيق تغذية النبات حتى يمكن الحصول على إنتاج عال .

وبالرغم أنه قد كتب عن الأراضى والمياه والعناصر المغذية عدد غير قليل من الكتب إلا أن قليلا منها تخصص فى تغذية النبات ولقد شعرت أن مجال تغذية النبات كمجال أكاديمي أو تطبيقي يتطلب من المتخصصين أن يعطوه مزيداً من وقتهم وجهدهم ومن هنا جاءت الرغبة فى وضع هذا الكتاب .

والله ولى التوفيق ،

ديسمبر ٢٠٠١ — أ.د.عبد المنعم محمد بلبع



المعتقدات القديمة فى كيفية تغذية النبات

نشأة وتطور علم تغذية النبات :

لم تشغل تغذية النبات تفكير العلماء العرب مثلما شغلهم التفكير فيما يتصل بالحيوانات ولعل ذلك يرجع إلى قرب الحيوانات من الإنسان فهو غذاؤه ووسيلة مواصلاته وتتغذى الحيوانات على أعشاب المراعى فلم يهتم البشر بكيف تتم هذه التغذية .

وورث المفكرون والباحثون فى القرن السادس عشر كثيراً من أفكار من سبقوهم فى تفسير تغذية النبات وقد ساد فى هذا العصر الرأي القائل بأن النبات يتغذى على الماء وأنه يمتص منه الأملاح ويعتبر فرانسيس باكون Francis Bacon من أشهر مفكرى هذا العصر (١٥٦١-١٦٢٤) وقد أعتنق هو أيضا هذا الرأي وأعتقد أن الأرض تقى النبات الحر والبرد وتساعد النبات بغرس جذوره فيها وأضاف أن كل نبات يستخلص من الأرض مادة خاصة لغذائه ولذا فزراعته مرات متوالية فى نفس الأرض يفقرها فى هذه المادة .

اتجه جان فان بابتس Jan van Baptistevan Helmons (١٥٧٧-١٦٤٤) اتجاها تجريبيا فغرس فسيلة من نبات السالكس Salix تزن ٥ أرطال فى ٢٠٠رطل من الأرض الجافة وروى هذه الفسيلة بماء المطر لمدة أكثر من ٥ سنوات وفى نهاية المدة كان وزن النبات ١٦٩ رطلا و٣ أوقيات وفقدت الأرض حوالي أوقيتين من وزنها الجاف فاستنتج هلمونت من ذلك أن النبات قد استمد من الماء ١٦٤ رطلا من وزنه ولكنه لم يشر إلى النقص الطفيف فى وزن الأرض الجاف وأعتبره خطأ تجريبياً .

واتجه روبرت بويل Robert Boyle (١٦٢٧-١٦٩١) نفس الاتجاه وأكد نفس الاستنتاج غير أنه قام بتحليل النبات تحليلا كيميائياً ، وفي عرضنا لنشأة وتطور علم تغذية النبات وأن هذا المجال لم يشغل أفكار العلماء العرب كثيرا يجب أن يكون واضحاً أن المنهج العلمي المبنى على التجربة والمشاهدة والقياس والاستنتاج كأسلوب لكشف الحقائق لم ينشأ في الغرب بل كان الباحثون العرب يمارسونه في دراساتهم وفي ذلك يقول أبن العوام (أبو زكريا يحيى بن محمد بن أحمد بن العوام الإشبيلى) صاحب كتاب الفلاحة : " ولم أثبت فيه شيئا من رأى آلا ما جربته مرارا وصح " .

لاحظ J.R. Glauber (١٦٠٤-١٦٦٨) أن ملح نترات البوتاسيوم يزيد نمو النبات زيادة كبيرة وأعتقد أن خصوبة الأرض وقيمة السماد البلدي ترجع كلية إلى نترات البوتاسيوم وزاد John Mayer (١٦٤٣-١٦٧٩) لن النترات تزيد في الأرض في فصل الربيع وتقل في فصل الصيف وهو موسم النمو واستنتج من ذلك أن النبات قد امتصها في نموه .

وسادت الأوساط العلمية النظرية العضوية أى أن النباتات "تتغذى" على المواد العضوية فقد لاحظ الباحثون أن الحقول التى يضاف إليها السماد العضوى تعطى إنتاجا أعلى من تلك التى لم يضف إليها هذا السماد العضوى .

وكانت ملاحظة Woodward (١٦٩٩) أول معارضة صريحة لاستنتاجات Van Helmont فقد نمى النبات فى ماء مقطر وفي ماء النهر وفي مستخلص الأرض فلاحظ أن النبات النامي فى مستخلص الأرض أفضل من الذى نما فى ماء النهر وهذا أفضل من الذى نما فى الماء المقطر فاستنتج أن الأرض وليس الماء هى التى تكون جسم النبات ، وتحول الاتجاه إلى دور المادة العضوية فى تغذية

النبات وأجريت بعض التجارب التى استخدمت فيها مصادر كربونية مثل الفحم والزيوت المعدنية وفضلات الطيور وغيرها .

وفى مطلع القرن التاسع عشر تم التحول عن الرأي القائل أن الماء هو مصدر غذاء النبات فقد نشر Nicholas Theodore de sa usure رأيه القائل بأن رماد النبات مأخوذ من الأرض ، وأوضح أنه إذا نمت بذرة فى الماء فقط فإن الرماد لا يزيد عما فى البذرة إلا بقدر ما يسقط عليها من تراب وأن عناصر هذا الرماد أساسية فى تغذية النبات وأن النبات يستمد من الأرض النتروجين والعناصر المعدنية ويمتص الأوكسجين الجوى ويخرج ثاني أوكسيد الكربون كعملية مشابهة لعملية التنفس وأنه يمتص ثاني أوكسيد الكربون ليستعمله فى بناء جسمه .

ولكن آراء وحجج De Sausure لم تجد قبولا كما أن اتجاهه الكمي فى البحث لم يجد من يواصل تطبيقه إلا بعد مضى ٥٠ سنة عندما نشر Justus Von Liebig (١٨٠٣-١٨٧٣) فى محاضرة له فى الجمعية البريطانية لتقدم العلوم الآراء الآتية :

١- معظم الكربون بالنبات مصدره ثاني أوكسيد الكربون الجوى .
٢- أن مصدر الأوكسجين والهيدروجين هو الماء .
٣- أن العناصر القلوية ضرورية للنبات لتعادل الحموضة التى تتكون فى النبات كنتيجة للنشاط الحيوي .
٤- أن الفوسفور ضروري لتكون البذور .
٥- أن النبات يمتص أي شئ من الأرض ولكنه يطرد منه المواد غير الضرورية له .

وأوضح Liebig بالتجربة أهمية الفوسفور والبوتاسيوم لنمو النبات ، أما بالنسبة للنتروجين فقد رأى أن النبات يمتصه فى صورة نشادر وأنه يحصل عليه

من الأرض أو الهواء أو السماد العضوى كما نشر آراءه فى العلاقات الكمية بين النبات وعوامل النمو وقانونه المعروف باسمه أو بقانون العامل المحدد .

ومنذ منتصف القرن التاسع عشر بدأت العلوم الزراعية عموما وتغذية النبات على وجه الخصوص تأخذ مكانها بين العلوم التجريبية وكان إنشاء محطة تجارب روثامستد Rothamsted في هاربندن Harpenden بإنجلترا سنة ١٨٤٣ إحدى الخطوات الهامة . أسس هذه المحطة J.B Lawes و.J.H. Gilbert ولم يكونا من أنصار Liebig ولكن بعد ١٢ سنة من الدراسات والبحث انتهيا إلى النتائج الآتية :

١- أن الفوسفور والبوتاسيوم ضروريان للنبات .
٢- أن النتروجين ضروري للنبات وبغيره لا يستطيع النبات النمو حتى إذا توفر الفوسفور والبوتاسيوم وأن كميات النشادر الموجودة فى الجو لاتكفى حاجة النبات من النتروجين .
٣- أن النباتات غير البقولية تحتاج إلى مدها بالنتروجين .
٤- يمكن المحافظة على خصوبة الأرض لعدة سنوات باستعمال الأسمدة الكيميائية .

استعملت العظام المسحوقة لمد النبات بالفسفور فى الولايات المتحدة الأمريكية سنة ١٨٢٥ ، وبدأ استغلال رواسب نترات الصودا الشيلى برأس مال انجليزى سنة ١٨٣٠ واستعمل فى الزراعة الأمريكية سنة ١٨٣٠ ، وعندما صدرت الشحنة الأولى منه إلى أوربا سنة ١٨٣١ لم تجد من يشتريها ، ولكن تزايد الاقبال عليه بسرعة ووصلت جملة السماد المصدر من شيلى سنة ١٨٥٠ نحو ٢٣٠ ألف طن، ثم زاد استخدامه زيادة كبيرة فى أوروبا وأمريكا فى النصف الثانى من القرن

التاسع عشر . واستخدمت الأمونيا سنة ١٨٣٠ بانجلترا وفي الولايات المتحدة الأمريكية . وبدأ استخدام أملاح البوتاسيوم الالمانى سنة ١٨٦٠ ، وصدر إلى أمريكا سنة ١٨٦٩ ، وفى نهاية القرن التاسع عشر كانت أملاح البوتاسيوم معروفة فى العالم كسماد .

أوضح ليبج Liebig سنة ١٨٣٩ أن القيمة السمادية لمسحوق العظام تزداد بمعاملته بحامض الكبريتيك ، وقد سبق أن اقترح اشير Escher ذلك سنة ١٨٣٥. وفى سنة ١٨٤٣ حصل لوز Lawes على حق إنشاء مصنع فى إنجلترا لمعاملة حجر الفوسفات بمبلغ ١,٥ مليون دولار وبدأت منذ هذا التاريخ صناعة الأسمدة الفوسفورية .

كانت صناعة الأسمدة الكيميائية واستخدامها فى الإنتاج الزراعى فاتحة لعهد جديد ونقطة تحول هامة فى الزراعة لأنها مكنت الإنسان من الحصول على مقدار أكبر من الغذاء أو من المواد الزراعية من نفس المساحة التى يزرعها ، رغم أن إضافة السماد البلدى محدودة وتزداد تكلفته كثيرا إذا كان من الضرورى نقل مقادير كبيرة منه مسافات طويلة .

جدول (١) : الاستهلاك العالمى من الأسمدة الكيميائية

مليون طن (ن ، فو٢أ ، نو٢أ٥)

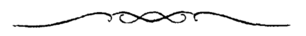
السنة	الاستهلاك العالمي			استهلاك الدول النامية*		
١٩٣٩-٣٨	٩,٢	١٩٥٥-٥٤	١,٤	توقع	١٩٧٦-٧٥	١٤,٧
١٩٦٠-٥٩	٢٧,١	١٩٦٢	٣,٢	توقع	١٩٨١-٨٠	٢٢,٤
١٩٧١-٧٠	٦٨,٢	١٩٧٠	٩,٤	توقع	١٩٨٦-٨٥	٣٣,٠
١٩٧٢-٧١	٦٢,٣					
١٩٨١-٨٠	١٢٦,٥					
١٩٨٥	*١٣٢					

* أرقام تقديرية .

وقد زاد الإقبال على استخدام الأسمدة الكيميائية وقابل ذلك زيادة كبيرة فى إنتاجها وتقدم فى طرق صناعتها وخفض لتكلفة الوحدة السمادية منها حتى أصبحت صناعة الأسمدة من أكبر الصناعات بالعالم وأكثرها انتشارا فقد بلغ الإنتاج منها فى أوروبا الغربية ١٢,٩٩,٠٠٠ طن وفى الولايات المتحدة الامريكية ١١,٨٤٧,٠٠٠ طن وفى اليابان ٢,٢٧١,٠٠٠ طن وذلك فى سنة ١٩٦٥-١٩٦٦ وتعتبر ألمانيا أكبر الدول المصدرة للأسمدة على وجه عام .

وباستخدام الأسمدة المعدنية - وغيرها- ارتفعت إنتاجية القمح الشتوى بألمانيا من ٨٠٠كجم /هكتار سنة ١٨٤٠ إلى ٥٠٠٠كجم /هكتار سنة ١٩٦٧ (Finck, 1981) . ومن رأى بعض الباحثين أن استخدام الأسمدة قد أدى إلى زيادة محصول الحبوب ثلاث مرات بين سنة ١٨٨٠ وسنة ١٩٧٠ بينما زاد الإنتاج عامة خمس إلى ست مرات . ويرى Finck أن نحو ٤٠٪ من الزيادة التى حدثت فى إنتاجية القمح بألمانيا من سنة ١٨٥٠ حتى سنة ١٩٥٠ ترجع إلى التسميد المعدنى وأن مساهمة التسميد العضوى فى هذه الزيادة نحو ٢٠٪ كما ساهمت باقى العمليات بنسبة ٤٠٪ مثل تحسين الخدمة (١٥٪) ، ومقاومة الأفات وغيرها . أما على المستوى العالمى فإن ٥٠٪ من الزيادة الإنتاجية الزراعية تعود إلى التسميد.

الباب الأول



بدء صناعة الأسمدة

◊ إنتاج وإستخدام الأسمدة الكيميائية فى مصر والبلاد العربية

◊ عوامل زيادة إنتاج الأسمدة النيتروجينية فى مصر والبلاد العربية

الباب الأول

بدء صناعة الأسمدة

☐ إنتاج واستخدام الأسمدة الكيميائية فى مصر والبلاد العربية :

بدأ إهتمام الهيئات الزراعية فى مصر بالأسمدة الكيميائية متمثلا فى مدرسة الزراعة بالجيزة (كلية الزراعة جامعة القاهرة) والجمعية الزراعية السلطانية (الهيئة الزراعية المصرية) فاستوردت شحنات صغيرة من نترات الصودا الشيلى أواخر القرن التاسع عشر وبلغ ما أستورد منها فى سنة ١٩٠٢ مقدار ٢٥١٢ طن، وزاد استخدام هذا السماد زيادة واضحة منذ ١٩٢٠ حتى وصل المستورد منه نحو نصف مليون طن قبيل الحرب العالمية الثانية ، وأدى قيام هذه الحرب إلى انخفاض استيراد السماد الفتروجينى إلى ١٨٣ ألف طن خلال الفترة ١٩٤٠ إلى ١٩٤٤ ، ولعل أزمة استيراد السماد النتروجينى هذه كانت حافزا لبدء صناعة الأسمدة النتروجينية فى مصر ، فأنشئ أول مصنع لها بالسويس بطاقة إنتاجية قدرها ٢٤٠ ألف طن من نترات الجير ١٥,٥٪ نتروجين و ١٠٠ ألف طن من سلفات النشادر ٢٠,٥٪ نتروجين . وتزايد الاستهلاك من الأسمدة النتروجينية على وجه خاص أ فبينما كان النتروجين المستخدم فى السماد ٩٠ ألف طن سنة ١٩٥٢ ارتفع سنة ١٩٦٢ إلى ٢٠٠ ألف طن ثم ظل يتزايد بسرعة واضحة حتى وصل سنة ١٩٦٩ إلى نحو ٤٠٠ ألف طن نتروجين وكذا تزايد الإنتاج من الأسمدة النتروجينية فى مصر بعد بدء إنتاج مصانع شركة كيما باسوان فزاد الإنتاج إلى نحو ١١٠ ألف طن نتروجين سنة ١٩٦٢ . وقد توقف الإنتاج فى مصانع السويس بعذ سنة ١٩٦٧ ولكن زاد إنتاج شركة كيما تدريجيا كما بدأ إنتاج مصانع حلوان

من نترات الأمنيوم . وقد بدأ إنتاج مصانع طلخا من نترات الأمنيوم سنة ١٩٧٥ ومصانع أبوقير سنة ١٩٧٩ .

وقد نشر فى أغسطس (١٩٧٩) أن الإنتاج المصرى من الأسمدة النتروجينية قد بلغ :

١٩٧٩ ٣٤٠ ألف طن نتروجين أى ما يعادل نحو ٢,٢مليون طن نترات كلسيوم ١٥,٥٪ نيتروجين .

١٩٨٠ ٥٤٠ ألف طن نيتروجين أى ما يعادل نحو ٣,٥ مليون طن نترات كلسيوم .

١٩٨١ ٦٢٠ ألف طن نيتروجين أى ما يعادل نحو ٤,٠ مليون طن نترات كلسيوم .

وذلك بعد بدء إنتاج مصنع اليوريا بأبوقير بالإسكندرية فى سبتمبر ١٩٧٩ وإنتاج مصنع اليوريا فى طلخا فى مطلع عام ١٩٨٠ .

ونتيجة لزيادة الإنتاج من الأسمدة النيتروجينية فأن استيراد السماد النيتروجينى قد انكمش من نحو ٢,٠ مليون طن سنة ١٩٧٧ إلى ١,٦ سنة ١٩٨٧ و ١,٤ مليون طن سنة ١٩٧٩ إلى ٣٥٠ ألف طن سنة ١٩٨٠ وذلك على أساس سماد نترات كلسيوم ١٥,٥ نيتروجين.

جدول (٢) : برامج إنتاج الأسمدة النتروجينية حتى ١٩٨٠- مليون طن نيتروجين

أمريكا الشمالية	٦,١	شرق أوروبا	٤,٤
أمريكا اللاتينية	٦,٨	غرب أوروبا	٣,٠
دول أسيا النامية	٦,٣	دول آسيا الأخرى	٣,٣
أفريقيا	١,٦		

وتأخر استخدام الأسمدة بالبلاد العربية – غير مصر – ولازال المقدار المستهلك منها فى أكثر البلاد العربية ضئيلا ، ولكن السنوات الأخيرة شهدت نشاطا ملحوظا فى إنتاج الأسمدة والدعوة لزيادة استخدامها فى الزراعة العربية وقد بلغ الإنتاج الفعلى من الدول العربية جميعها ١,٠٢٩,٠٠٠ طن وهو مقدار يمثل نحو ١,٨٪ من جملة الإنتاج العالمى . وبعد إتمام المشروعات التى فى طور الإنشاء بالبلاد العربية فإن طاقة الإنتاج من الأسمدة النيتروجينية تزيد من ١,٦٧٩,٠٠٠ طن فى السنة فى سنة ١٩٦٨-١٩٦٩ إلى ٢,٧ مليون طن سنة ١٩٧٤-١٩٧٥ .

وستصبح الكويت والسعودية وقطر وليبيا فى السنوات المقبلة من أكبر الدول المصدرة للأسمدة النيتروجينية وذلك لزيادة الإنتاج بها وقلة ما ينتظر أن تستهلك منها . وتعتبر الكويت والسعودية فى الوقت الحاضر دولا مصدرة للأسمدة النيتروجينية أما بقية الدول العربية فلا زالت تستورد أكثر مما تنتج وكانت مصر أكبر سوق عربية يستورد السماد يليها السودان والعراق وسوريا والمغرب غير أن هذا الاستيراد قد توقف إذ أصبحت مصر تصدر اليوريا وتستورد نترات الأمونيوم.

عوامل زيادة إنتاج الأسمدة النيتروجينية فى مصر والبلاد العربية :

- تمتلك البلاد العربية المواد الخام لصناعة الأسمدة النيتروجينية والفوسفاتية وإلى حد أقل البوتاسية ، ويتمثل ذلك فى إنتاجها البترولى الضخم ومعروف أن الغاز الطبيعى الذى يدخل فى صناعة الأمونيا التى تصل إلى نحو ٢٥٪ من الاحتياطي العالمى منها تستخدم فى عمليات تحضير النيتروجين والهيدروجين ويتكون منهما الأمونيا . فالمواد الخام اللازمة لصناعة الأسمدة النيتروجينية

موجودة وتعتبر نواتج ثانوية لصناعات أساسية لا يكاد يستفاد منها . كما يوجد حجر الفوسفات فى كثير من البلاد العربية والبوتاسيوم بالبحر الميت .

- تقوم بعض البلاد العربية بصناعة الأسمدة النتروجينية والفوسفورية ولكن طاقتها الإنتاجية تفوق كثيرا ما تستهلكه فعلا منها وأحد الأسباب لذلك هو أن بعض البلاد ذات الطاقة الإنتاجية العالية لا تستهلك أسمدة بكميات ذات قيمة ولذا فهى تنتج للتصدير ، والدخول فى ميدان المنافسة فى تصدير هذه المنتجات يقتضى الكثير من الحذر والدراسة . والاتجاه الواضح فى إنتاج الأسمدة النتروجينية فى البلاد العربية هو زيادة حجم الإنتاج والعوامل التى ترجح هذا الاتجاه هى :

١ - توفير المنتجات النفطية والغاز الطبيعى :

يستخدم الغاز الطبيعى فى الوقت الحاضر فى استخلاص النتروجين من الهواء الجوى والهيدروجين من بخار الماء . والغاز الطبيعى أكثر المصادر استخداما وأفضلها اقتصاديا ، ويقدر نصيب البلاد العربية من الغاز الطبيعى بنحو ٢٥٪ من الاحتياطي العالمى منه ، وتستخدم أيضا النافتا والزيوت الثقيلة وغازات الكوك وغازات الفحم ولكنها جميعا أكثر تكلفة من استخدام الغاز الطبيعى ، وبرامج إنتاج السماد النتروجينى الموضحة بالجدول رقم (٢) والإنشاءات الأخرى التى لم ترد بالجدول قد لا يمكن تحقيقها كاملة فى بعض البلاد التى تعتمد على استيراد المواد النفطية مما يشير إلى الفرصة المتاحة للبلاد الغنية بالغاز الطبيعى والنفط لتصبح مراكز هامة لإنتاج الأسمدة النيتروجينية (Nelson, 1974) .

وتقدر بعض المصادر الغاز الطبيعى غير المستغل فى مناطق النفط أنها تكفى لإنتاج ضعف مقدار السماد النتروجينى الذى يستخدمه العالم فى الوقت الحاضر .

وتشير بعض الدراسات إلى أن مشكلة نقص الغاز الطبيعى فى البلاد المنتجة للأسمدة النتروجينية يمكن التغلب عليها فغازات الفحم تكفى العالم لعدة قرون بالإضافة إلى استخدام المفاعلات والطاقة النووية كمصادر للطاقة التى تتيح الحصول على الهيدروجين من الماء (Nelson, 1974) . ولو أن دراسات هيئة وادى تنسى الأمريكية تشير إلى أن تكلفة إنتاج الأمونيا باستخدام الفحم تبلغ أكثر من ضعف التكلفة باستخدام الغاز .

٢- توفر الاستثمارات :

بعد حرب أكتوبر ١٩٧٣ ارتفعت أسعار البترول الخام من ٣ دولارات إلى نحو ١١ دولار للبرميل ثم توالى ارتفاعها حتى وصلت إلى ٣٣ دولار للبرميل وازداد نصيب البلاد المنتجة من البترول الناتج وتحسنت شروط الاتفاقات بين الشركات المنتجة والدول صاحبة البترول ، وأدى كل ذلك إلى زيادة دخول الدول العربية النفطية زيادة كبيرة تعمل جاهدة على استثمارها فى مشروعات مختلفة ومن أهم هذه المشروعات إنتاج الأسمدة النتروجينية وتتميز هذه الصناعات بحاجتها إلى موارد وفيرة وتذكر بعض المصادر (منظمة الغذاء والزراعة بهيئة الأمم المتحدة ١٩٦٩) أن كل طن من السعة الإنتاجية السنوية لمصانع الأسمدة النتروجينية أو الفوسفورية يحتاج إلى نحو ٥٠٠ دولار استثمارات كما يقدر المصدر نفسه حاجة البلاد النامية إلى نحو ١٢٠بليون دولار لاستيفاء حاجتها من مصانع هذه الأسمدة حتى ١٩٨٥ - (يلاحظ ارتفاع الأسعار ارتفاعا كبيرا فى الثمانيات والتسعينات) .

وتشير دراسة The National Fertilizer Development Centre التابع لهيئة وادى تنسى TVA بالولايات المتحدة الأمريكية ١٩٧٠ إلى أن خطط البلاد

النامية تصل بالسعة الإنتاجية الفعلية لمصانع الأسمدة النتروجينية والفوسفورية سنة ١٩٧٥ إلى نحو ١٧,٤ مليون طن ، وتستنتج الدراسة من ذلك أنه إذا كان الإنتاج يبلغ ٨٠٪ من السعة الإنتاجية أى نحو ١٤ مليون طن وأن المقدر أن احتياجات البلاد النامية من هذه الأسمدة سنة ١٩٨٠ هو ٤١ مليون طن على أساس أن الإنتاج الزراعى لهذه البلاد سوف يزداد بنسبة ٣٪ سنويا فيكون المقدار الواجب أضافته حتى سنة ١٩٨٠ للإنتاج الفعلى لهذه الأسمدة هو ٢٧ مليون طن يمثل سعة إنتاجية ٣٢,٧٥ مليون طن وأن ذلك يحتاج إلى ١٦,٥ بليون دولار .

ويتضح من ذلك أن حجم الاستثمارات اللازمة لهذه الصناعة فى البلاد النامية ضخم وأن الدول التى تستطيع أن تقدم هذه الاستثمارات فى البلاد النامية هى الدول العربية النفطية.

٣- زيادة الطلب العالمى على الأسمدة :

زاد الإقبال على الأسمدة كوسيلة لزيادة إنتاج المنتجات الزراعية فارتفعت أسعار الأسمدة ونقص المعروض منها عن الطلب عليها . ولم تعد المنافسة عاملا هاما فى تصريف الأسمدة فى مختلف أسواق العالم .

٤- تسويق السماد العربى بالسوق العربية :

فى رأينا أن أول فرص تسويق السماد العربى هى أسواق البلاد العربية نفسها ولكن قسما كبيرا من البلاد العربية المنتجة للأسمدة لا تلعب الزراعة فى اقتصادها القومى دورا أساسيا وبذا فتصدير هذه المنتجات إلى أسواق البلاد العربية الزراعية هو الطريق الواضح لتصريف هذه المنتجات . ولكن حتى البلاد العربية الزراعية فيما عدا مصر لا تستهلك من الأسمدة فى الوقت الحاضر ما يؤهلها لأن

تكون سوقا تعتمد عليها البلاد المنتجة غير أننا نتوقع زيادة استهلاك البلاد العربية الزراعية فى السنوات المقبلة من الأسمدة خصوصا النتروجينية كما سنوضح ذلك.

٥- قرب مراكز الإنتاج العربى من أسواق الاستهلاك بالدول النامية :

بدون الاعتماد على السوق العربية يكون على صناعة السماد النتروجينى فى البلاد العربية النفطية غير الزراعية أو التى لا تستهلك ما تنتج من السماد أن تنافس الإنتاج الأوروبى والأمريكي واليابانى فى أسواق جنوب شرق آسيا وأسواق أفريقيا وبالنسبة إلى قرب هذه الأسواق من مراكز الإنتاج العربية فإن تكاليف نقل المنتجات العربية إليها تكون أقل من تكاليف نقل السماد الأوروبي أو الأمريكي مما يساعد المنتجات العربية على المنافسة . كما أن زيادة الطلب العالمى على الأسمدة فى الوقت الحاضر يعطى السماد العربى فرصة لغزو الأسواق الأفريقية والآسيوية.

يتضح من ذلك أن مراكز الإنتاج من الأسمدة النتروجينية العربية مهيأة لزيادة الإنتاج بتوفر هذه العوامل غير أننا نشير إلى حاجة هذه المراكز إلى الخبرات التكنولوجية سواء فى إنشاء هذه المصانع أو إدارتها وصيانتها أو فى عمليات الإنتاج والمراقبة على مواصفات المواد المنتجة وتعتمد أغلب البلاد العربية المنتجة للأسمدة حتى الآن على استيراد هذه الخبرات من البلاد المتقدمة فى هذا المجال .

إتجاهات استخدام الأسمدة فى العالم :

أقبل العالم على استخدام الأسمدة الكيميائية إقبالا متزايدا فبعد أن كان المستهلك من الأسمدة – نتروجينية وفوسفورية وبوتاسية (معبرا عنها ن ، فو٢أ٥ ،

بو٫أ) سنة ١٩٣٨ – ١٩٣٩ نحو ٩,٢ مليون طن زاد فى سنة ٧٠ – ١٩٧١ إلى نحو ٦٨,٢ مليون طن وفى سنة ٨٠ – ١٩٨١ إلى ١٢٦,٥ مليون طن . وأغلب هذا الاستهلاك فى البلاد المتقدمة أما البلاد النامية فكان استهلاكها سنة ٥٤ – ١٩٥٥ نحو ١,٤ مليون طن وزاد سنة ٧٠ – ١٩٧١ إلى ٩,٤ مليون طن والمقدر للاستهلاك سنة ٧٥ – ١٩٧٦ نحو ١٤,٧ مليون طن وفى سنة ٨٠ – ١٩٨١ نحو ١٤,٧ مليون طن وفى سنة ٨٠-١٩٨١ نحو ٢٢,٤ مليون طن . أما الأسمدة النتروجينية فقد زاد الاستهلاك العالمى منها ٦,٥١ مليون طن نيتروجين سنة ١٩٥٥ إلى ٢٨,٤٦ مليون طن نيتروجين سنة ١٩٧٠ ومن المتوقع أن يبلغ سنة ١٩٧٥ مقدار ٤٤,٠٤ مليون طن وفى سنة ١٩٧٩ – ١٩٨٠ نحو ٧٠ مليون طن – جدول رقم (٣) .

جدول (٣) : الاستهلاك العالمى من الأسمدة النتروجينية – مليون طن

السنة	الاستهلاك	السنة	الاستهلاك
١٩٩٥	٦,٥١	١٩٦٩	٢٨,٨١
١٩٦٠	٩,٦٣	١٩٧٠	٢٨,٤٦
١٩٦٥	١٦,٣٩	١٩٧٢	٣٣,٧٠
١٩٧٦	٢١,٨٣	١٩٧٥	٤٤,٠٤ تقديرى
١٩٦٨	٢٤,٣٧		

Harre *et al.*, 1970 & 1974.

فالاتجاه الواضح والمؤكد فى استخدام الأسمدة هو زيادة الاستهلاك ويؤكد هذا الاتجاه فى العالم النقاط الآتية :

١- ارتفاع أسعار المواد الغذائية الزراعية خصوصا القمح والأرز وقد ارتفعت أسعار القمح من نحو ٦٠-٨٠ دولار للطن إلى نحو ٢٦٠ دولار للطن

(اتجهت الأسعار إلى الانخفاض منذ سنة ١٩٧٥ إلى نحو ١٧٠ دولار للطن) وهذا الارتفاع الشديد فى أسعار القمح ونقص المخزون العالمى منه مع تزايد عدد السكان بدرجة كبيرة حفز مختلف بلاد العالم إلى شرائه ودفع البلاد المنتجة إلى محاولة زيادة الإنتاج فارتفعت معدلات استخدام الأسمدة فى مساحات القمح الأصلية كما زادت المساحات القمحية فى كثير من البلاد فزاد الطلب على السماد المعروض منه .

٢- تعمل الدول النامية وهى أصلا قليلة الاستهلاك من الأسمدة على زيادة استهلاكها منها لمواجهة زيادة السكان بها وحاجاتهم إلى مزيد من الغذاء وذلك بإقناع الزراع بها بأهمية دور السماد فى زيادة الإنتاج واستزراع مساحات جديدة بها ومن رأى (Harre, 1974) فى هيئة وادى تنسى بالولايات المتحدة الأمريكية TVA أن معدل زيادة استخدام الأسمدة فى البلاد النامية فى الفترة ١٩٧٢ - ١٩٨٠ نحو (٨,٩٪) سيتفوق على معدل الزيادة فى البلاد المتقدمة (٥,١) فى نفس الفترة .

٣- انتشار زراعة أصناف القمح عالية الإنتاجية والأرز الفلبينية وهى أصناف تحتاج إلى كميات كبيرة من النتروجين حتى يمكن الحصول منها على طاقتها الإنتاجية العالية ونشير هنا إلى دراستنا لتحديد أوفق إضافة اقتصادية للقمح المكسيكى Mexipack وبعض أصناف القمح المصرية فقد احتاج القمح المكسيكى إلى نحو ٨٠ كجم نتروجين للفدان (٢٠٠كجم / هكتار) ليعطى ١٨ أردبا /للفدان (٦,٥ طن للهكتار) بينما احتاجت الأصناف المصرية إلى إضافة مقادير ٤٠-٦٠كجم /فدان (١٠٠-١٥٠كجم ن/هكتار) لتنتج نحو ١٠-١٤ إردب (٣,٧ - ٥,٥ طن / هكتار) حسب الصنف والمنطقة الزراعية ولم يزد إنتاجها بزيادة السماد المضاف .

وعلى المستوى العربي يوضح الجدول رقم (٤) معدلات استهلاك البلاد العربية من الأسمدة ومن الواضح أن هذه المعدلات ضئيلة للغاية واحتمالات زيادة المقادير المستهلكة من الأسمدة خصوصا النيتروجينية احتمالات كبيرة للأسباب التي سبق ذكرها .

جدول (٤) : معدلات استهلاك الأسمدة فى البلاد العربية ١٩٧٠ – ١٩٧١

(كجم ن ، فو٢ أ٥ ، بو٢ أ /هكتار)

العراق	٢,٣	مصر	١٢١,٨
سوريا	٦,٠	ليبيا	٥,٠
الاردن	٢,١	تونس	١٠,٧
لبنان	١٢٠,٨	الجزائر	١٧,٥
السودان	٩,٤	المغرب	١٢,٤
متوسط أمريكا	٦٨,٥		
الشمالية والوسطى	١٦٩,٦		

الأسمدة الفوسفورية :

توجد محاجر صخر الفوسفات الاباتايت فى مصر وتونس والجزائر والمغرب والأردن ويزيد الإنتاج السنوى للبلاد العربية من صخر الفوسفات عن ١٠ ملايين طن في السنة .

وتوجد هذه المحاجر فى مصر فى سفاجة والقصير والسباعية وقد أتضح وجود كميات كبيرة أيضا فى منطقة أبو طرطور بالواحات . أنشئ مصنع سوبر فوسفات الكلسيوم فى كفر الزيات سنة ١٩٣٧ بطاقة إنتاجية قدرها ٣٥ ألف طن ثم ضوعفت هذه الطاقة فى الخطة الخمسية الأولى للصناعة ، وتم سنة ١٩٧١ إنشاء مصنع أسيوط لإنتاج سوبر فوسفات مركز ومحبب ، وينتظر إنشاء المجمع

الفوسفورى فى أسوان ، ويكاد يغطى إنتاج هذه المصانع احتياجات الزراعة المصرية من الأسمدة الفوسفورية . كما ينتظر أن تصبح مصر من الدول التى تصدر الفوسفات بكميات كبيرة بعد استخراج الفوسفات من أبو طرطور .

أما بخصوص الأسمدة البوتاسيومية ، فإن احتياجات مصر والبلاد العربية منها لازالت قليلة ، ولو أننا نشير إلى أن الأراضى المستصلحة خصوصا الرملية قد تحتاج إلى التسميد بالبوتاسيوم وكذا الحال بالنسبة إلى الحاصلات الدرنية والسكرية وكذا عند محاولة الحصول على مستويات عالية من الإنتاج بإضافة مقادير كبيرة من الأسمدة النتروجينية والفوسفورية مما قد يستلزم إضافة أسمدة بوتاسيومية .

ومصر لا تحتوى مناجم أو ملاحات للبوتاسيوم حتى الآن (وقد يتغير الموقف إذا نفذ مشروع منخفض القطارة الذى يتيح مصدرا كبيرا للأملاح منها أملاح البوتاسيوم) .

وأهم مصادر أملاح البوتاسيوم فى العالم العربى هو البحر الميت ولو أن الإنتاج منه بالأردن لا يزال مضطربا ، بينما تقوم إسرائيل باستغلاله وتصدير إنتاجها فى السوق العالمية ويوجد اتجاه إلى نقل خام البوتاسيوم من الأردن وتصنيعه فى مصر .

وقد ارتفعت الأسعار العالمية للأسمدة ارتفاعا كبيرا فى السنوات الأخيرة جاوز كل التوقعات فبلغ سعر الطن من اليوريا ١٩٦ دولار ومن نترات النشادر (٢٦,٥٪ ن) ٨٥ دولار وهو ما يعادل نحو ٤ أمثال الأسعار سنة ١٩٧٢ ، ولو أن أسعار الحاصلات الأساسية قد ارتفعت بنسبة أعلى من ارتفاع أسعار الأسمدة

معوقات صناعة الأسمدة فى الوطن العربى :

١- التطور السريع فى هذه الصناعة أدى إلى ضخامة حجم وحدات الإنتاج حتى تصبح اقتصادية قادرة على المنافسة وعلى سبيل المثال وحدة الإنتاج من الأمونيا بطاقة ١٠٠طن /يوم كانت اقتصادية فى أوائل السيتينات لم تعد اقتصادية فى السبعينات وزاد حجم الوحدة الاقتصادية إلى ٨٠٠-١٠٠٠ طن/ يوم ، وقد زادت هذه الأرقام كثيرا فى الثمانينات والتسعينات .

٢- إنشاء وحدات بهذه الضخامة يجب أن يعتمد على قاعدة من سوق محلية تستهلك جزءا كبيرا من إنتاجها مما يستلزم تخطيطا على مستوى الدول العربية مجتمعة لا على مستوى كل دولة على حدة .

٣- التطور التكنولوجى السريع فى هذه الصناعة يهدد المصانع التى تنشأ بالبلاد العربية بأن تصبح قديمة التكنولوجيا بعد فترات قصيرة .

٤- يقتضى دراسة المشروعات دراسة مستفيضة واختبار مدى مرحلة التصنيع فقد يكون من الأوفق لبعض البلاد الوقوف فى مرحلة التصنيع عند الأمونيا وتصديرها بدلا من إنتاج سماد تستخدم الأمونيا فى صناعته .

٥- يجب أن تراعى اتجاهات الصناعة العالمية ففى النتروجين تتجه الصناعة نحو زيادة التركيز وكذا الحال فى الفوسفور بإنتاج سوبر الفوسفات المركز . وكذا تتجه الصناعة العالمية نحو الأسمدة المركبة التى تحتوى على أكثر من عنصر سمادى واحد .

٦- يجب التخطيط لتدريب الكوادر المختلفة من الفنيين قبل بدء الإنتاج سواء فى مراكز تدريب محلية أو إرسال الفنيين إلى المصانع المماثلة .

٧- تعانى المصانع بالبلاد العربية من مشاكل الصيانة .

٨- يجب أن ترتبط هذه المصانع بمعاهد البحوث حتى يمكن تطوير الإنتاج .

٩- تعتبر النواحى الإدارية ذات أهمية خاصة فى الصناعات ومن الضرورى أن تتطور بصفة دائمة وأن تتوفر معاهد متخصصة للتدريب على الإدارة الحديثة.

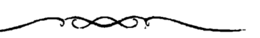
وبينما تهدف دراسة الأسمدة والتسميد إلى معرفة موقف العناصر المغذية بهذه الأرض ويسرها للنبات ودارسة الأسمدة تزيدنا معرفة بالمغذيات الصناعية التى نضيفها للأرض لرفع مستوى خصوبتها .

جدول (٥) : الواردات والصادرات من النيتروجين N والفوسفات فو٢ أ٥ والبوتاسيوم بو٢ أ للدول العربية ١٩٨٣ - ألف طن .

الدولة	النيتروجين N		الفوسفات فو٢ أ٥		البوتاسيوم بو٢ أ	
	واردات	صادرات	واردات	صادرات	واردات	صادرات
الجزائر	٩,٥	٦,٧	٢٤,٢٤		٢٩,٣	
البحرين						
مصر	٢٦	٥٥,٢	٦٤,٤٠		٩,٠٣	
جيبوتى	٠,٩٢		٠,١٨			
العراق	٦٤,٤	٥,٠		٣٢,٠٦		
الاردن	٨,٤٠	٦٥,٣٤	٥,٤٠	١٨٠,١٢	١,٠٧	
قطر	٠,٠٨	٣٣٠,٠	٠,١٢			
الكويت		٢٤١,١				
لبنان	١٨,٠		٩,٩٠		١١,٠٠	
ليبيا	٢٩,٠	١٣٩,٦	٥٢,٥		٤,١٠	
المغرب	٦٤,١٠	١٩,٧٠		٣٨٦,٦٥	٣٨,٧٠	
موريتانيا	١,٤٥				٢,٨	
اليمن الشمالى	١٤,١		٠,٩٢		٠,٩٢	
عمان	٢,٤٠	٠,٧٠			٠,٧٣	
السعودية	٢٠,٥	١٦٦,٠	٠,١٨٠	٣,٥		
الصومال	٤,٩٠	٠,٧٥			٠,٧٥	
اليمن الجنوبى	١,٩٨		٠,٥٢		٠,٧٥	
سوريا	١٦,٢٠	١٣,٨٠			٥,٨٥	
تونس	٣٦,٩٠	٨٨,٤٠	٤٦٧,٨		٢,٨	
الامارات	٢,٧	١٨,٤٠	١,٥		١,٢	

المصدر : الاتحاد العربى لمنتجى الأسمدة - فى الكتاب السنوى للإحصاءات الزراعية - المنظمة العربية ، ص ص: ٣٠١ – ٣٠٣ (١٩٨٥) .

الباب الثانى



العناصر الضرورية لتغذية النبات

(الأوكسيجين - الكربون - الهيدروجين - النيتروجين - الفوسفور - البوتاسيوم - الكلسيوم - المغنسيوم - الكبريت - الحديد - المنجنيز - الزنك - النحاس - البورون - الموليبدنيوم - الكلورين - السليكون) .

◊ الوظائف التى تؤديها العناصر فى حياة النباتات

الباب الثانى

العناصر الضرورية لتغذية النبات

لا يوجد فارق كبير بين البروتوبلازم فى الخلية النباتية والخلية الحيوانية ولكن الحيوانات تعتمد فى غذائها على حيوانات أخرى أو على نباتات حتى تستطيع أن تواصل حياتها فالحيوانات تعتمد عموما فى نهاية الأمر على المملكة النباتية إعتماداً كاملاً ، ولكن بروتوبلازم الخلية النباتية يستطيع أن يعيش مستقلا عن أى مصدر حى آخر أى أنه لا يستمد غذاءه من بروتوبلازم نباتى أو حيوانى آخر فكل ما تحتاج إليه النباتات الخضراء هو مصدر من الماء وثانى أوكسيد الكربون وبعض العناصر المعدنية فتعيش فى الضوء مستقلة تماماً .

وأتضح من ذلك أن " المواد الأولية " التى يستعملها النبات فى صناعة أنسجته تلعب دوراً حيوياً سواء فى حياة النبات أو حياة الأحياء جميعا ، وأصبحت دراسة هذه المواد الأولية وكيف تؤدى دورها الخطير ذات أهمية كبرى لكل من يعملون فى الإنتاج النباتى .

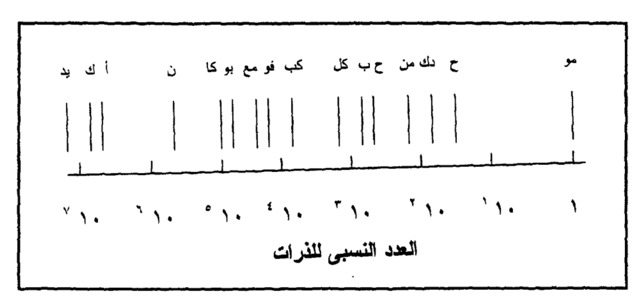
وإذا إتخذنا من الذرة مثلاً لما تحتاجه النباتات فى نموها من العناصر المغذية فإننا نجد أن محصول فدان واحد من الذرة الناجح الذى يعطى حوالى ٢٠ أردبا من حبوب الذرة قد أنتج الآتى :

٢٠٠٠ كجم -من الأحطاب ، ٢٨٠٠ كجم من حبوب الذرة .
٧٠٠ كجم من (القوالح) ، ٢٥٠٠ كجم من الجذور .

وأستعمل فى إنتاج هذه المواد المقادير الآتية :

الماء حوالى	٢٥٠٠ م٣	، الكبريت	١٠ كجم
الأوكسيجين حوالى	٣٠٠٠ كجم	، الحديد	١ كجم
الكربون	٢٥٠٠ كجم	، المنجنيز	٠,١٥ كجم
الهيدروجين		، الزنك	
النيتروجين	٦٠ كجم	، النحاس	
الفوسفور	١٠ كجم	، البورون	
البوتاسيوم	٥٠ كجم	، الموليبدنيوم	
الكلسيوم	١٧ كجم	، الكلورين	
المغنسيوم	١٥ كجم	، السليكون	

تضاف إليها مقادير صغيرة من البورون والكلورين والزنك والنحاس والموليبدنيوم - (شكل ١) .



شكل (١): العدد النسبى لذرات العناصر الضرورية فى البرسيم الحجازي فى طور الأزهار معبراً عنها لوغاريتمياً (F.G. Viets, 1965)

ويتكون معظم جسم النبات مـن العنـاصر التـى تدخل فـى البنـاء الضوئـى أى الكربون والهيدروجين والأوكسجين مع النتروجين والفوسـفور فجدر الخلايـا التـى يتكون منها هيكل النبات تتكـون أساسـيا مـن الكربـون والهيدروجيـن والأوكسـجين ويتكـون الـبروتين أساسـيا مـن الكربـون والهيدروجيـن والأوكسـجين والنـتروجين والفوسفور .

وقد أوضح ليبج Liebig ومن تبعوه أهمية عدد من العناصر فى تغذية النبات وقد أتضح من كثير مـن الدراسـات التـى بنيـت علـى التجربـة العمليـة أن النباتـات تمتص العناصر المعدنية الموجودة فى منطقة الجذور دون تمييز الضـرورى منهـا وغير الضرورى لحياة النبات وأوضــح مثل لذلـك عنـاصر السـليكون والصوديـوم والألومنيوم .

أوضح أرنون Arnon وجوب توفر النقط الثلاث الآتية حتى يمكن إعتبـار ـ عنصرا ما ضرورى للنبات المختبر :

١- أن غياب العنصر يجعل استكمال النبات لطوره الخضرى أو الثمرى متعذرا .
٢- أن مظاهر نقـص هـذا العنصـر المختـبر يمكـن منعهـا مـن الظـهور أصـلا أو علاجها بمد النبات بهذا العنصر وليس بعامل آخر .
٣- أن العنصر ذو دور مباشر فى تغذية النبات وليس عن طريق غير مباشر مثل تأثيره على الأحياء الدقيقة أو الظـروف الكيميائيـة بـالأرض أو بالوسـط الـذى ينمو فيه النبات .

الوظائف التى تؤديها العناصر الممتصة فى حياة النبات

ونوجز فيما يلى الدور الذى يؤديه كل عنصر من العناصر الضرورية للنبات والأضرار التى تنتج له عند نقص أحدها .

١- الأكسيجين* :

يكفى أن نشير إلى عملية التنفس وما يرتبط بها من أكسدة وإختزال لنعرف الدور الحيوى للأكسيجين فى النبات كما أنه يتحد مع الكثير من العناصر الأخرى لتتكون المواد العضوية والأكاسيد والواقع أنه يندر أن نتذكر أن الأكسيجين يكون حوالى ٥٠٪ من المادة الجافة التى ينتجها النبات .

الأكسيجين عنصر أساسى وضرورى لحياة النباتات والأكسيجين هو العنصر الذى يمتصه النبات من الجو فى عملية التنفس الهوائى وينطلق من النبات غاز ثانى أكسيد الكربون فالتنفس الهوائى يحدث على حساب الأكسجين الجوى .

وثمة نوع آخر من التنفس هو التنفس اللاهوائى وهو التنفس الذى يحدث دون الحاجة إلى الأكسجين الجوى ولكنه يحدث فى وجود الأكسيجين . والفرق الأساسى بين نوعى التنفس (الهوائى - واللاهوائى) هو أن الأكسيجين الجوى يشترك كمادة متفاعلة فى بعض مراحل عملية التنفس الهوائى ولكنه لا يشترك فى أية مرحلة عندما يكون التنفس لا هوائياً خالصاً .

وعندما يذكر لفظ التنفس دون تحديد فإن التنفس الهوائى يكون هو المقصود ويمكن تمثيل التنفس بالمعادلة الآتية :

---

* لمزيد من المعلومات عن موضوع التنفس يمكن الرجوع إلى كتاب فسيولوجيا النبات لماير وأندرسون أو غيره من كتب فسيولوجيا النبات .

ك٦ يد١٢ أ٦ + ٦ أ٢ ← ٦ك أ٢ + ٦ يد٢أ + ٦٧٣ كجم سعر الطاقة

وقيمة ٦٧٣ كجم سعر بنيت على أساس أن الجلوكوز هو السكر الرئيسى الذى أستعمل فى الأكسدة إلا أن كمية الطاقة التى تنتج من أكسدة السكر الأخرى تختلف قليلا عن هذه القيمة .

ونلاحظ أن هذه المعادلة هى عكس معادلة البناء الضوئى تماما وكمية الطاقة اللازمة لبناء جزئ واحد من سكر الهكسوز هى نفس كمية الطاقة التى تنتج عند أكسدته فى التنفس . كما أننا نلاحظ أنه طبقا لقانون أفوجادرو الذى ينص على أن الأوزان الجزئية المتساوية من الغازات تشغل نفس الحجم فإن حجم الأكسجين المستهلك عند أكسدة الهكسوز تساوى حجم ك أ٢ المنبعث .

والطاقة الناتجة قد لا تنبعث على صورة حرارة ولكنها تأخذ صوراً أخرى وأهم ما تستعمل فيه هذه الطاقة فى الخلايا الحديثة هو استخدامها فى عمليات بنائية خاصة مثل بناء الأحماض الدهنية والأمينية والجلسرول والاسيتالدهايد وفى جميع هذه التفاعلات تكون الطاقة القابلة للانبعاث من بعض نواتج التفاعل أكبر من التى تنتج من كمية مكافئة جزئيا من الهكسوز أى أنه فى هذه العمليات البنائية تتحول الطاقة الكيميائية بواسطة أكسدة جزيئات خاصة من الهكسوزات أو مشتقاتها إلى جزيئات أخرى فتصبح الأخيرة مشحونة بالطاقة الكيميائية وتكون هذه الجزيئات نشطه وتؤدى التفاعلات التى تحدثها إلى بناء عدد من المركبات الهامة فى النبات .

ويفوق معدل البناء الضوئى معدل التنفس فى الأوراق والأنسجة الكلوروفيلية أثناء ساعات النهار ففي الذرة على سبيل المثال يكون معدل البناء الضوئى أثناء ساعات النهار فى المتوسط حوالى ثمانية أمثال معدل التنفس ويعاد إستعمال

ثانى أكسيد الكربون الناتج من التنفس فى البناء الضوئى بواسطة الخلايا . ولما كانت عملية البناء الضوئى تحدث بسرعة أكبر من التنفس فإن مزيدا من ك أ٢ تستمر فى الانتشار إلى داخل النبات من البيئة الخارجية وبالمثل ينتج من البناء الضوئى أكسجين اكثر مما يلزم للتنفس وينتشر الفائض منه إلى خارج النبات فى ساعات النهار مادامت الظروف ملائمة للبناء الضوئى .

تتواجد حركة من ك أ٢ إلى داخل الأجزاء الخضراء وفقد الأكسجين ، وتنعكس هذه الحالة فى الليل أى فى الظلام فيتحرك الأوكسجين إلى الأجزاء الخضراء من النبات يخرج منها ك أ٢ .

وعادة يكون أعلى قيمة لتبادل الغازات الحادث من العضو الأخضر من النبات وبيئته فى غياب الضوء أقل من تلك التى تحدث غالبا فى وجوده ولكن فى الاتجاه المعتاد ومن الضرورى أن تتواجد شدة إضاءة معينة يتساوى عندها معدل البناء الضوئى مع معدل التنفس فى الوزن أو العضو الأخضر وعند هذه الدرجة من الإضاءة التى تسمى نقطة التعويض يكون حجم ك أ٢ الناتج من التنفس مساويا للأكسجين ويطلق على نسبة حجم ك أ٢ المنبعث إلى حجم أ٢ الممتص فى عملية التنفس نسبة التنفس أو معامل التنفس وفى حالة الأكسدة الكاملة للهكسوز فى المعادلة السابقة يكون :

$$\frac{\text{ك أ}_٢}{\text{أ}_٢} = ١$$

ويتأثر معدل التنفس بعدد من العوامل الداخلية والخارجية منها :

السيانيدات تثبط التنفس الهوائى ولكنها لا تثبط التنفس اللاهوائى فى بعض الأنسجة

النباتية كما يتـأثر التنفس أيضـا بـالبروتوبلازم ، درجـة الحـرارة ، المـادة الغذائيـة وغيرها من المؤثرات .

٢- الكـربـون :

تبنى النباتات أجسامها باستعمال ثـانى أوكسيد الكربـون الجـوى بعمليـة البنـاء الضوئى ويحتوى الهواء الجوى على حوالى ٠,٠٣٪ ثانى أوكسيد الكربون ولذلـك يجب أن يستعمل النبات كميات ضخمة من الهواء حتـى يحصـل علـى حاجتـه مـن ثـانى أوكسيد الكربـون ويعتقـد أن زيـادة نسبة ثـانى أوكسيد الكربـون فـى الهـواء المحيط بالنبات عما هى فى الجو تسرع نمو النباتات (وقد بذلـت محـاولات لزيـادة نسبة ثانى أوكسيد الكربون فى حقـول الـذرة باستعمال مكعبـات مـن ثـانى أوكسـيد الكربون المجمد) .

وقامت نجوى شحاته وزملاؤها (١٩٨٠) بدراسـة لأثـر إضافـة ثـانى أوكسـيد الكربون إلى الجو المحيـط بالنباتـات فـى phyto trone وهـو غرفـة ذات هـواء معروف التركيب وتسمح بإدخال ك أ٢ بمقدار معـروف وذو إضـاءة محـددة القـوة وهذه الغرفـة (الصنـدوق) مقسـم إلـى ثـلاث غـرف منفصلـه عـن بعضهـا انفصـالا محكما واستخدمت غرفتان للمعاملة بثانى أوكسيد الكربون أما الغرفة الثالثة فكـانت للمقارنـة (Control) وأستخدمت غرفتا ك أ٢ مرتين وفى المرة الأولى كان تركـيز ك أ٢ ٥٠٠ و ١٠٠٠جزء/مليون وفى المرة الثانية (مكررة) كان تركيز ك أ٢ ٧٥٠ و ١٥٠٠جزء/مليون كما كرر الكونترول أيضا مرتين .

وضبطت شدة الضوء على النباتات بحيث يكـون ١٦٠٠٠ لكس (Lux) مـن ضـوء أبيـض الفلورسـنت ولكـل قسـم ٥٣٣٣ لكس وكـان طـول النهـار ١٨ســاعة ودرجة الحرارة ٢٨°م فى النهار و٢١°م ليلا وضبطت نسبة الرطوبة بمنظم ذاتـى automatic regulation عند ٥٨ ± ٢٪ نهاراً و ٦٥ ± ٢٪ ليلاً .

ومعاملات CO_2 : ٥٠٠ و ٧٥٠ و ١٠٠٠ وفى الكونترول ٣٠٠جزء/مليون وهو تركيز ك أ٢ العادى فى الهواء الجوى .

وأمكن الحصول على تركيزات ك أ٢ من Carbon ice مع ضغط ك أ٢ عند - ٧٨°م .

وحصلوا على النتائج الآتية :

١- لم تؤثر معاملات ك أ٢ على نمو نباتات الذرة غير المعاملة بالنتروجين (الكونترول) غير أنه قد زاد معنويا عند إضافة النتروجين .

٢- زاد وزن نباتات فول الصويا الجافة وكذا زادت مظاهر النمو الأخرى فى معاملة ك أ٢ وبغير إضافة نيتروجين .

٣- النسبة المئوية ومقدار النيتروجين الذى أمتصه فول الصويا زادت بزيادة المعاملة ك أ٢ ولو بدون إضافة نيتروجين مما يدل على أن تثبيت النيتروجين الجوى واستخدام النيتروجين المضاف قد زاد باستخدام ك أ٢ .

ويستخدم ك أ٢ فى عملية البناء الضوئى لينتج كربوهيدرات :

٦ ك أ٢ + ٦ يد٢ أ ——طاقة إشعاعية / خلايا كلوروفيل——> ك٦ يد١٢ أ٦ + ٦ أ٢

ويذكر عادة أن سكر الهكسوز هو الكربوهيدرات الذى يتكون نتيجة البناء الضوئى ولو أن هذا غير مؤكد .

ويحدث البناء الضوئى فى النباتات فى الأوراق وتركيبها الدقيق وإحتواؤها على الكلوروفيل وتواجد ممرات بين خلاياها تجعل تأثر كل خلية بالجو الداخلى للورقة شديدا .

ونواتج البناء الضوئى هى بصفة عامة الكربوهيدرات والأكسيجين وينتشر الأكسيجين بين الخلايا المستخدم فى عملية التنفس .

٣- الهيدروجين :

يأخذ النبات الهيدروجين فى صورة ماء ودور الماء فى حياة النبات معروف وكذا يدخل الهيدروجين فى تركيب كثير من مركبات النبات الكربوهيدرات والدهون والبروتينات .

٤- النيتروجين :

تمتص جذور النبات النتروجين فى صورتين أساسيتين هما النترات والنشادر (قد تمتص الجذور بعض الصور الأخرى) وتتحول هذه إلى أحماض أمينية مختلفة بعد اختزال النترات إلى نشادر ثم بروتينات ويحتاج النبات إلى كميات كبيرة من النتروجين ولذا فإن نقصه كثير الشيوع كما أنه من العناصر التى تضاف إلى الأرض فى صورة أسمدة بكميات كبيرة .

وأهم الأعراض التى تظهر على أغلب النباتات عند نقص النتروجين هى نقص اللون الأخضر فى أوراقها وقد يزيد ذلك حتى الأصفرار الكامل وسقوط الأوراق السفلى .

أما عند وجود كميات زائدة منه عن إحتياجات النبات فإن لون الأوراق يصبح أخضر غامق وتضعف سيقان النبات ويزداد نموه الخضرى .

النيتروجين مكون أساسي للبروتين وعلاوة على البروتينات فإن النبات يحتوى على أنواع أخرى من المركبات النتروجينية العضوية التى تؤدى أدوارا هامة فى الأرض (التمثيل الغذائي) .

تتركب البروتينات من كربون (٥٠-٥٤٪) وهيدروجين (٧٪) ونيتروجين (١٦-١٨٪) (٢٠-٢٥٪) .

ويعتبر النيتروجين ضمن تركيب البروتين الحيواني الذى لا يدخل الكبريت ضمن تركيبه ، يوجد هذا العنصر فى معظم البروتينات النباتية بنسبة لا تزيد عن ٢٪ من مجموع مكونات جزئ البروتين ، ويعتبر الفوسفور أيضا من العناصر الرئيسية التى تدخل فى تركيب أنواع من البروتينات النباتية .

والنسبة المئوية للعناصر المكونة للبروتين لا تدل على تركيب جزيئاته أو حجمها اذا قدرت بمعظم جزيئات المركبات الأخرى فقد يصل الوزن الجزيئى لأصغر البروتينات حجما نحو ١٧٦٠٠ فى حين يصل الوزن الجزيئى لأكثرها تعقيدا إلى عدة ملايين وقد أدت التقديرات التى أجريت بطريقة القوة الطاردة المركزية العالية إلى إمكانية تقسيم البروتينات حسب وزنها الجزيئي إلى عدة مجموعات وأقسام :

المجموعة الأولى ذات وزن جزيئي نحو	١٧٦٠٠
الثانية ذات وزن جزيئي نحو	٢ × ١٧٦٠٠ = ٣٥٢٠٠
الثالثة	٤ × ١٧٦٠٠ = ٧٠٤٠٠
الرابعة	٦ × ١٧٦٠٠ = ١٠٥٦٠٠

وأدت نتائج تقدير الوزن الجزيئي للبروتينات بطرق التحليل الكيميائي إلى إقتراح تقسيمها إلى عدة أقسام .

إستنتج بوجمان ونيمان (١٩٣٨) أن البروتينات تتركب من ٢٨٨ أو مضاعفاتها من وحدات نسبية هى الأحماض الأمينية وتقسم البروتينات إلى مجموعات على الوحدات الأساسية التى تكون الجزيىء أكثر من إعتماده على الوزن الجزيئي نفسه .

وهذا الرأي فى تكوين البروتينات لا يعارض تقسيم البروتينات حسب وزنها الجزيئى الذى أشرنا إليه مسبقا . وبالرغم من أن اقتراح تقسيم البروتينات طبيعيا إلى عدة مجموعات طبقاً للوزن الجزيئي لها قد صادفت قبولاً حسنا فإنه قد تعرض أيضا لنقد خطير (بول ١٩٤١) وعلى أي حال فقد أجمعت القرائن على أن الأوزان الجزئية للبروتينات عالية جدا تشمل نطاقا واسعا من القيم .

ويجب ألا يفهم من الحجم التقريبي الكبير لجزيئات البروتينات أنها عبارة عن تجمعات لذرات أو مجموعات ذرية بدون نظام تركيبي محدد فقد أشارت نتائج الدراسة بالأشعة السينية (أشعة ×) وغيرها من الطرق العلمية إلى الدرجة العظمى إلى تركيب جزيئ البروتين إذ يبنى كل نوع من البروتينات على نظام هندسي ثابت يظهر أهمية كل ذرة فى إتمام تركيب الجزييء . وتعزى كثير من الخواص الهامة للبروتينات إلى وجود مثل هذا النظام المحدد لترتيب الذرات داخل جزييء البروتين .

وأغلب المعلومات عن تركيب جزيئات البروتينات ترجع إلى دراسة نتائج تحليل هذه المركبات مائيا والذى يتم عادة بمعالجة هذه المركبات بالقلويات أو الأحماض أو الخمائر المناسبة حيث يكون دائما نتيجة للانحلال المائي لأي بروتين خليط من الأحماض الأمينية أما أثناء عملية التحليل المائي فتظهر عدة أنواع من المركبات التى تعتبر من حيث تنفيذ تركيبها وسطا بين البروتين والأحماض الأمينية :

بروتينات ← بروتيوزات ← بيوتونات ← ببتيدات عديدة ← ببتيدات ثنائية ← أحماض أمينية

من ذلك يتضح أن الأحماض الأمينية هى الوحدات التركيبية التى تتكون منها البروتينات والنواتج الوسطية لتحليلها والتى تخلقها الخلايا الحية لذا تعتبر دراسة

الخواص الكيميائية وطرق تخليق الأحماض الأمينية أمراً ضروريا قبل مناقشة البروتينات بالتفصيل .

إمتصاص المواد النيتروجينية فى الأرض :

لم تثبت قدرة النباتات الخضراء على استخدام النيتروجين الجوى لتخليق المركبات العضوية التى تحتوى على نيتروجين وبالتالي فإن المصدر الوحيد للنيتروجين لجميع النباتات الخضراء ذات الجذور هو المركبات النيتروجينية التى تمتص من الأرض ولهذه النباتات القدرة على استخدام أربعة أنواع من المركبات النيتروجينية كمصدر للنيتروجين :

١. النترات
٢. النتريت
٣. أملاح الأمونيوم
٤. المركبات النيتروجينية العضوية

والمعتقد أن آلية امتصاص المركبات النيتروجينية الأيونية تشبه أساسيا ما يحدث فى دخول الأيونات الأخرى كما يمكن لأنواع عديدة من النباتات إمتصاص النترات ضد ممال التركيز .

وتمتص كثير من النباتات معظم النيتروجين اللازم لها على هيئة نترات وبالرغم من ذلك فإن النباتات التى تقوم بالتمثيل الكلوروفيلى طبيعيا تحتوى على كميات قليلة من النترات وذلك لاختزال النيتروجين الموجود فى النترات إلى صور أخرى بسرعة توازى تقريبا سرعة دخول هذا الأيون إلى النبات . ولكن فى بعض الأحوال الخاصة تجمع النباتات مقادير كبيرة من النترات داخل أنسجتها دون أن تضر النبات .

ويتبع هذا التراكم استخدامها فيما بعد فى الأيض النيتروجيني وفى بعض الأحيان تظهر أعراض نقص النيتروجين الحادة على النباتات رغم احتوائها على مقادير كبيرة من النترات ذلك لأن ظروف الأيض رغم قدرة النباتات على امتصاص النترات لم تساعد على استخدام هذه النترات فى تكوين المركبات النيتروجينية العضوية .

وأول خطوات انتفاع النباتات بالنترات الممتصة هو اختزالها إلى نتريتات وعلى هذا فمن المحتمل استخدام النتريتات كمصدر للنيتروجين اللازم للنبات وقد ثبت هذا الفرض فعلا عن طريق تجارب المزارع المائية ولكن النتريتات لم تكن مصدرا مهما لنيتروجين النبات فى الطبيعة أو نادراً ما تكون .

وتوجد أنواع عديدة من النباتات يصل مستوى ازدهارها فى الظروف الملائمة للنمو فى المزارع الرملية أو المائية المزودة بأملاح الأمونيوم كمصدر للنيتروجين إلى نفس المستوى أو أفضل لو زودت بأملاح النترات وذلك لأن النيتروجين فى مركبات الأمونيوم (النشادر) موجود فى أعلى درجاته الاختزالية الذى يشبه إلى حد كبير النيتروجين فى الأحماض الأمينية والمركبات المقاربة لها . ويحتمل أن تكون المركبات الأمونيومية هى الصورة الأساسية التى يوجد عليها النيتروجين متاحا للنباتات فى بعض أنواع خاصة من الأراضى كما فى الأراضى الحامضية فى المناطق الشمالية وكثير من الأراضى البور فى المناطق الجنوبية من الولايات المتحدة أو تحتوى هذه الأراضى على قليل من النترات وعلى كميات كبيرة من مركبات الأمونيوم .

وفى متابعة أكرمون (١٩٢٤) لخطوات اختزال النترات فى نباتات الطماطم بواسطة التحليل الكيميائي الدقيق على الوجه التالي :

شتلت نباتات الطماطم سريعة النمو من الأرض إلى رمل الكوارتز حين وصل طولها ٨ بوصة ثم رويت بمحاليل ينقصها المركبات النيتروجينية حتى ظهر كيميائيا أن أنسجة النباتات لا تحتوى نترات أو نتريت أو أمونيا أو أحماض أمينية رغم احتوائها على كميات كبيرة من الكربوهيدرات ثم أضيف نترات الكالسيوم إلى الرمل فامتصت النباتات أيونات النترات بسرعة وأمكن الكشف عنها فى جميع أجزاء النبات فى مدى ٢٤ ساعة ثم ظهرت النتريتات بكميات ملموسة فى أطراف السيقان وبعض الأنسجة بعد مضى ٣٦ ساعة كما أمكن الكشف عن أثار قليلة من الامونيا بعد ٤٨ ساعة ولوحظ نقص واضح فى تركيز النتريت فى حين زاد المحتوى الأمونيومى داخل النبات وظهرت كميات قليلة من الاسباراجين ثم ثبت وجود كميات وفيرة من الأحماض الأمينية فى أنسجة النبات بعد مرور ٣-٥ أيام من إضافة النترات إلى التربة و استمرت زيادة هذه الأحماض داخل أنسجة النباتات لمدة ٣ أسابيع وقد لوحظ نقص واضح فى المحتوى الكربوهيدراتى للخلايا أثناء تخليق الأحماض الأمينية .

وتؤثر الحرارة تأثيراً واضحا على قدرة النبات على اختزال النترات ففى نبات الطماطم مثلا وبرغم سرعة امتصاص النترات فإن عملية اختزالها وتخليق المركبات العضوية الآزوتية تتم ببطىء شديد فى درجة ١٣°م أما فى حالة درجة ٢١°م فإن عمليتي امتصاص واختزال النترات تتمان بسرعة كبيرة (مارتنجال ، ١٩٣٣) .

تخليق الأحماض الأمينية :

من المعادلات الكيميائية للأحماض الأمينية تظهر أحماض تحتوى على كميات كبيرة من الكربون والهيدروجين بالنسبة للنيتروجين فتمثل المكونات غير

النيتروجينية وأهمها الكربون والأكسيجين والهيدروجين حوالي ٨٥٪ من وزن جزئ الحامض الأميني وعلى هذا فالثابت أن تخليق الأحماض الأمينية لا يتم بدون إمدادات وفيرة من المركبات الكربونية علاوة على مصدر للنيتروجين فى صورة كيميائية ملائمة وتتصل هذه العمليات اتصالا وثيقا بعمليات الاختزال التى أشرنا إليها .

وحامض الجلوتاميك من الأحماض الأمينية التى تلعب دورا أساسيا فى الأيض النيتروجيني لكل من النبات والحيوان فإذا مدت نباتات الطماطم بكبريتات الأمونيوم التى تحتوى على نظير النيتروجين ١٥ فسوف تظهر خلال ١٢ ساعة كميات كبيرة من النيتروجين الثقيل (١٥) فى صورة حامض جلوتاميك من أى حامض أمينى آخر (مال فيكادو بوربر ١٩٤٨) وهذا يدل على المعدل السريع لتخليق هذا الحامض أو على المعدل السريع لتبادل الأمونيوم بين المركبات الأخرى أو كلتا العمليتين .

إختزال النترات :

يوجد النيتروجين فى النترات فى أعلى درجات التأكسد بينما الأحماض الأمينية توجد فى أعلى درجات الاختزال فاختزال النيتروجين هو إحدى الخطوات الأساسية فى تكوين الأحماض الأمينية والمركبات العضوية النيتروجينية فى حالة ما تكون النترات هى مصدر النيتروجين .

آلية اختزال النترات :

أ- هذه الآلية تحدث فى الجذور أو الأعضاء الخضراء ويستمد الطاقة اللازمة من التنفس الهوائى للكربوهيدرات وأولى الخطوات الناتجة هى تكون النتريت ثم تختزل النتريت إلى أمونيا مع خطوة وسطية هى تكون حامض

الهيبونتروز والهيدروكسيل أمين ثم تنضم الأمونيا إلى جزيئات الأحماض الأمينية .

ب- تحدث هذه الآلية فى الأوراق وخاصة الصغيرة فعملية اختزال النترات فى هذه الحالة تتم بخطوات ينشطها الضوء .

دراسة بورشتروم (١٩٤٣-١٩٤٥) :

أوضحت هذه الدراسة كما أوردها ماير واندرسون وآخرون (١٩٥٠) أن اختزال النترات فى الأوراق الصغيرة لنبات القمح أن هذه العملية ذات صلة وثيقة باختزال ك أ٢ فى عملية البناء الضوئي وأن الضوء هو منبع الطاقة ولما لم يلاحظ اختزال النترات فى أوراق القمح المعرضة للظلام حتى فى ظروف تساعد على إتمام الاختزال إقترح أنه من الجائز أن النترات تختزل فى الأوراق إلى مركب مؤقت سرعان ما يتحد مع النواتج البينية للبناء الضوئي مكونة الأحماض الأمبنية أو مواد نتروجينية عضوية مقاربة لها فالطاقة الناتجة من عملية التنفس تستخدم فى عمليات اختزال النترات .

دراسات أكرسون (١٩٢٤) :

تابع أكرسون خطوات اختزال النترات فى نباتات الطماطم بواسطة التحليل الكيميائي فشتلت نباتات الطماطم سريعة النمو من التربة إلى الرمل الكوارتز حين وصل طولها ٨ بوصة (٢٠سم) ثم رويت النباتات بمحاليل ينقصها مركبات النيتروجين حتى ظهر كيميائيا أن أنسجة النباتات لا تحتوى نترات أو نتريت أو أمونيا أو أحماض أمينية رغم احتوائها على كربوهيدرات ثم أضيفت نترات الكلسيوم إلى الرمل فأمتصت النباتات أيونات النترات بسرعة وأمكن الكشف عنها فى جميع أجزاء النبات فى ٢٤ ساعة ثم ظهرت النتريت بكميات ملموسة فى أطراف السيقان وبعض الأنسجة الأخرى بعد مضى ٣٦ ساعة ثم أمكن الكشف

عن آثار من الأمونيا أما بعد ٤٨ ساعة فقد لوحظ نقص واضح فى تركيز النـتريت وزاد المحتوى الأمونيومى فى داخل النبات وظهرت كميات قليلة من الاسـبراجين ثم ثبت وجود كميات وفيرة من الأحماض الأمينيـة فـى أنسـجة النبـات بعـد مـرور ٣-٥ أيام من إضافة النترات إلى التربة وأستمرت زيادة الأحماض الأمينيـة داخـل أنسجة النباتات لمدة ٣ أسابيع .

تكون الأحماض الأمينية :

تتكون الأحماض الأمينية من كميات كبيرة من الكربون والهيدروجين وكميات أقل نسبيا من النتروجين ويكون الكربون والأكسجين والهيدروجين (المكونات غـير النيتروجينيـة) نحـو ٨٥٪ مـن وزن جـزئ الحـامض الأمينـي وبالتـالي فتكـون الأحماض الأمينية لا يتم بدون كميات وفيرة من المركبات الكربونية بالإضافة إلـى مصدر نيتروجيني فى صورة كيميائية ملائمة .

وكمثال لذلك نذكر أن حامض الجلوتاميك من الأحماض الأمينية ذات الأهميـة فى عمليات الأيض النيتروجيني فى النبات والحيوان .

فى حالة النباتات :

إذا مدت نباتات الطمـاطم بكبريتـات الأمونيـوم تحتـوى النـتروجين النظـير ١٥ فسوف تظهر خلال ١٢ ساعة كميات هامة من النيتروجين ١٥ فى صورة حامض جلوتـاميك أو أى حـامض أمينـي آخـر (فيكـار و بوريس، ١٩٤٨) ممـا يـدل علـى المعدل السريع لتكون هذا الحامض أو على المعـدل السـريع لتبـادل الأمونيـوم مـع المركبات الأخرى أو العمليتين معـا ويحتمـل تكـون حـامض جلوتـاميك فـى خلايـا النبـات نتيجـة التفـاعل بيـن الأمونيـوم الناتجـة عـن اخـتزال النـترات وحـامض الفاكيتو جلوتاريك الناتج من الدورة ثلاثية الكربوكسيل (تـراى كربوكسـيليك) كمـا يلى :

ك أ أ يد
|
ك = أ
|
ك يد٢ – ن يد٣ + د ب ن يد٢
|
ك يد٢
|
ك أ أ يد (حامض الفا كبتو جلوتاريك)

↔

ك أ أ يد
|
ك يد ن يد٢
|
ك يد٢ + يد٢ أ + د ب ن يد٢
|
ك يد٢
|
ك أ أ يد (حامض جلوتاميك)

ويتم هذا التفاعل بمساعدة انزيم داى هدروجيني الجلوتاميك مع ثنائي فوسفور بيريدين نيوكلوريد كمرافق للانزيم الذى يوجد فى معظم النباتات ويعتبر هذا التفاعل من نوع تكُون الأمين الاختزالي reductive amination ومن الجائز أيضا اعتبار تكوين حامض الاسبارتيك من الاكسال خليك والاتين من حامض البيروفيك عن طريق تفاعلات مماثلة ولكن الدليل القاطع على تكوين هذه الأحماض عن طريق تكوين الأمين بالاختزال reductive amination ليس قويا وتوجد علاقة وثيقة بين تكوين بعض الأحماض الأمينية وأيض الأحماض العضوية وعملية التنفس الهوائي .

فيمكن اعتبار تحويل حامض الفاكينو جلوتاريك إلى حامض جاوتاميك وغيره من التفاعلات التى تحدث فى النبات على أنها تفاعلات جانبية للدورة الآتية للكربوكسيليك .

وتوجد أدلة كثيرة تثبت أن بعض الأحماض الأمينية قد نشأت من النقل الأميني وهو تفاعل تنتقل فيه مجموعة الأمين من أحد الجزيئات إلى آخر ويبين ذلك المثال التالي :

ك أ أ يد		ك أ أ يد		ك أ أ يد		ك أ أ يد
ك يد٢ ن يد٢		ك = أ		ك = أ		ك يد٢ − ك يد١
ك يد٢		ك يد٢	↔	ك١ يد٢	+	يد٢ أ
ك يد٢	−	ك يد٣	+	د ب ك يد٢		
ك أ أ يد		ك أ أ يد		ك١ يد٢		
				ك١ أ أ يد		
حامض جلوتاميك				(حامض الفاكبتر جلوتاريك)		حامض استاريتك

ويتم التفاعل مع عامل مساعد هو إنزيم الترانزامينز أو نافل الأمين الموجود موزعا فى النباتات الراقية وتوجد دراسات تثبت بناء الأحماض الأمينية الأنين وفينل الأمين وليوسين وحامض أسبارتك فى النبات عن طريق تفاعلات النفل الأميني Trans aminase وللبناء الضوئي صلة وثيقة باختزال النترات وتخليق الأحماض الأمينية فى الأوراق الخضراء .

دراسات بيشوب كالفين (١٩٥٠) :

أجريت على نباتات خضراء معرضة للضوء فامتصت ك أ٢ يحتوى كربون مشع ثم بعد فترة قصيرة من التعرض للضوء ظهر هذا الكربون فى مركب الانين وغيره من الأحماض الأمينية ذات الصلة بالبناء الضوئي .

وقد يرجع تكوين الأحماض الأمينية الموجودة بالخلايا النباتية إلى التحولات الكيميائية للاميدات الحامضية أو أي مركبات نيتروجينية أخرى أو يرجع إلى انحلال البروتينات فقد لوحظ وجود عدد من الخمائر الهاضمة للبروتين فى خلايا النبات وهى إنزيمات تحلل البروتين تحليلاً مائياً إلى أحماض أمينية أو نواتج

وسطية للانحلال البروتينى وأهم هذه الخمائر انزيم البابايين ويستخرج من ثمار شجرة الباباز الاستوائي وانزيم البروميلين الذى يستخرج من ثمار الأناناس وبعض الأفراد الأخرى من الفصيلة البروميلية وقد عرفت مقدرة البابايين على هضم البروتين منذ فترة طويلة .

تكُون البروتينات :

يتميز كل نوع نباتي أو حيواني بأنواع خاصة من البروتينات لا تتوفر فى نوع آخر ويتطلب هذا تواجد عدد ضخم من البروتينات والمعروف أن الأحماض الأمينية تتكثف بطرق لاحصر لها لتكون البروتينات.

وقوبلت نظرية فيشر * فى تكون البروتينات من ترتيب الأحماض الأمينية داخل جزئ البروتين بالقبول إلا أنها ليست التفسير الوحيد لتكون البروتينات فبعض جزيئات البروتين لها قدَرة على مضاعفة نفسها كاملة مرة بعد مرة داخل الخلية الواحدة مما يشير إلى أن النظام الجزئي لأي بروتين قد يصبح نموذجا أو طبعة (أكلاشية) تبنى على أساسها جزيئات أخرى من نفس البروتين فإذا صار أحد البروتينات نموذجا يخلق على أساسه جزيئا بروتينيا آخر فمن المحتمل أن بعض الوحدات قد تتجمع مع بعضها .

يحتوى البينتايد الثنائي الناتج عن تكاثف جزيئين من الأحماض الأمينية على مجموعة أمينية وأخرى كربوكسيلية يمكن لكل منهما أن يتكثف مع أحماض أمينية أخرى ويمكن القول بوجه عام أن البيتيدات العديدة والبينونات والبروتيوذات وأخيراً البروتينات عبارة عن مركبات تكونت نتيجة لتكاثف أعداد أكبر وأكبر من جزيئات الأحماض الأمينية وقد يحتاج الأمر على الأقل إلى عدة مئات من الأحماض الأمينية لبناء جزئ واحد من البروتين .

* كان نيل فيشر أول من أقترح نظرية تكثيف جزيئات الأحماض الأمينية لتكوين جزيىء البروتين .

وبالرغم أن الظواهر تشير إلى أن تكاثف الأحماض الأمينية يكون البروتينات فقد ثبت بالأدلة غير المباشرة اشتراك آليات أخرى مثل الفسفرة فى تكوين البروتينات .

٥- الفوسفور:

يوجد الفوسفور كأحد مكونات الأحماض النووية وكجزء من الدهون والفوسفوليبيد Phospholipids التى يعتقد أنها تلعب دورا هاما فى بناء الغشاء الخلوي ، ولذا فنقص الفوسفور يعتبر شديد الضرر بالخلية إذ يمنع تكون النواة والسيتوبلازم والأغشية الحديثة حول سطح الخلية .

وللفوسفور دور خاص فى خطوات تحول الجهد فى الخلية Energy Transfer Steps لأن المركبات مثل ادينوذين ثلاثى الفوسفات Adenosine Triphosphate المكونة من ثلاثة فوسفات مرتبطة فى حلقة معقدة يعتقد أن الأثنين الأخيرين منها يختلفان عن المجموعة الفوسفاتية الأولى لأن الانحلال المائى Hydrolysis للرابطتين الأخيرتين يعطى قدرا كبيرا من الجهد عما يعطية إنحلال الرابطة الأولى ولذا يطلق على الرابطتين الأخيرتين الرابطة الفوسفاتية الغنية بالجهد Energy- rich phopnate Bond ويرمز لها عادة بالعلامة (~ فو) حتى يمكن تعريفها من الروابط العادية التى يرمز لها عادة بالعلامة (- فو) وعلى ذلك فالمركب أ$_٣$ فو^{ATP} يكتب عادة أ - فو~ فو ~ فو - A-P ~ P - وكسر هذا الجزيئ عند الرابطة الأخيرة يعطى فوسفات حرة .

أ - فو + فوسفات حرة

ينطلق قدر كبير من الجهد الذى يمكن إستعماله فى اتمام مختلف التفاعلات التى تحتاج إلى جهد مثل اتحاد حامضين امينيين ليكونا ببتايد ثنائى Dipeptide والناتج بعد عملية الهدم هو جزئ أ$_٢$ فو (Adenosine Diphosphate (ADP يمكن أن يتحول إلى ادينوزين ثلاثى الفوسفات مرة أخرى باستعمال الجهد أى :

أ - فو فو + الطاقة ← أ - فو - فو - فو

ونقص الفوسفور فى النباتات يؤدى إلى ظهور بعض الأعراض عليها أهمها قصر النمو الطولى واللون الأخضر الغامق مع تكوين لون بنفسجى محمر فى كثير من الأحيان وقد يصحب ذلك موت مساحات من الأوراق (أو على الثمار) مما يؤدى إلى سقوط الأوراق وأعراض نقص الفوسفور أقل وضوحاً من أعراض نقص النيتروجين وقد يصعب تمييزها بمجرد النظر .

وتمتص النباتات الفوسفور على صورة أرثوفوسفات أحادية أى يد فو أ$_{٤}$ ، وكذا بكميات أقل من الأرثوفوسفات الثنائية يد$_{٢}$ فو أ$_{٤}$.

ويعتقد أن البيروفوسفات والميتافوسفات أيضا يمكن امتصاصها وقد أصبح للميتافوسفات أهمية من الناحية التجارية بعد إنتاج أسمدة منها وهناك رأى أن الميتافوسفات يجب أن تتحل مائياً Hydrolysis إلى ارثوفوسفات أحادية قبل إمتصاصها .

تختلف الأراضى فى محتوياتها من الفوسفور تبعا لعدد من العوامل أهمها الجو وتتراوح نسبة الفوسفور فى الأراضى بين ٠,١ - ٠,٥٪ محسوبة على صورة فو$_{٢}$ أ$_{٥}$.

مصادر الفوسفور فى الأرض :

أ) المصادر المعدنية :

١- أهم هذه المصادر هو معدن الأباتايت وقد يوجد على صورة فلورو أو كلورو أو هيدروكسى أباتايت ، كا$_{١٠}$ (فو أ$_{٤}$)$_{٦}$ فل$_{٢}$ ، كا$_{١٠}$ (فو أ$_{٤}$)$_{٦}$ كل$_{٢}$ ، كا$_{١٠}$ (فو أ$_{٤}$)$_{٦}$ (أ يد)$_{٢}$.

٢- معدن الفاريسيت Varicite لو (أ يد)٢ يد٢ فو أ٤ .

٣- معدن السترينجيب Stringite ح (أ يد)٢ فو أ٤ .

ب) المصادر العضوية :

أهم هذه المصادر هى المادة العضوية فى الأرض .

صور الفوسفور فى الأراضى :

أ) الصور المعدنية :

١- الفوسفات المعدنية غير القابلة للذوبان فى الأحماض المخففة .

٢- فوسفات كلسيوم قابلة للذوبان فى الأحماض المخففة .

وأهم هذه المركبات هى فوسفات ثلاثية الكلسيوم كا٣ (فو أ٤)٢ وتوجد عادة فى الأراضى ذات التأثير القاعدى وعندما تكون الأرض ضعيفة الحموضة أى حوالى (pH) ٦ تكون فوسفات ثنائية الكلسيوم كا يد فو أ٤ هى الصورة الأكثر وجودا .

أثر تثبيت الأرض للفوسفور على صلاحية السماد الفوسفاتى المضاف لتغذية النبات :

الفوسفات المدمصة أو التى تحل محل مجموعة الهيدروكسيل تعتبر صورة ميسورة للنبات وهى الصورة التى يقدرها براى Bray عند اختباره لخصوبة الأراضى الحامضية فى الفوسفور إذ يستخلصها بأنيون الفلورور الذى يحل محل أنيون الفوسفات .

وتختلف الصور المرسبة فى درجة يسرها للنبات ولكنها تقل فى ذلك عن الصورة الذائبة التى تضاف إلى الأرض وقد إتضح من كثير من الدراسات أن

النبات يستفيد من نسبة من الفوسفات التى تضاف إلى الأرض رغم تحول هذه الفوسفات كلها تقريباً إلى صورة غير ذائبة فى الماء .

ولكن عدم القدرة على استخلاص الفوسفات بالماء لا يعنى أنها جميعها غير صالحة لتغذية النبات وأوضحت دراساتنا أنه يمكن استخلاص حوالى ٥٠٪ من الفوسفات المضافة إلى أرض جيرية باستعمال محلول بيكربونات الصوديوم ذى رقم هيدروجينى ٨,٥ بينما لم يمكن استخلاص أى نسبة منها بالماء ويعنى ذلك أن حوالى نصف الفوسفات المثبتة يظل فى صورة ميسورة للنبات .

فالتثبيت تحول فى الصورة الكيميائية للعنصر المضاف ولا يعنى حدوثه بنسبة تصل إلى ١٠٠٪ من المقدار المضاف أن كل المقدار المضاف أصبح فى صورة غير ميسورة للنبات بل الواقع إن النبات يستطيع امتصاص جزء من الفوسفور المثبت .

وعند تحول الفوسفور الذائب المضاف إلى الأرض إلى فوسفور مرتبط بسطوح الطين أو إلى راسب فإنه يفقد قدرته على الحركة مع الماء أو خلال الماء بالانتشار Diffusion ويصبح مقيداً حيث هو فإذا كان بعيداً عن منطقة المجموع الجذرى فإنه لا يكون فى متناول النبات وتقل الاستفادة من الفوسفور المضاف أما إذا كان تقييده فى منطقة المجموع الجذرى فإن النبات يستطيع الاستفادة من جزء منه .

٦- البوتاسيوم :

يمتص النبات كميات كبيرة من البوتاسيوم وبينما يدخل الفوسفور والنيتروجين فى تركيب مواد معينة فى جسم النبات فإن دور البوتاسيوم غير واضح كل الوضوح فهو يوجد فى أنسجة النبات على صورة أملاح ذائبة .

وقد أوضحت بعض الدراسات فى السنوات العشرة الأخيرة أن البوتاسيوم ضرورى كعامل مساعد لتفاعلات أنزيم التنفس (Miller and Evans, 1957) Respiratory enzyme وفى تكوين روابط البيتيد Peptide bonds عند تركيب البروتين (Webster, 1956) وميتابوليزم النيتروجين (Mulder and Bakema 1956) وتحسين تحرك الكربوهيدرات (sprague, 1964) .

وتحتوى أنسجة النباتات الصغيرة النامية على مقادير من البوتاسيوم أعلى مما تحتوية الأنسجة الأكبر سنا ويتحرك البوتاسيوم فى أنسجة النبات فينتقل من الأنسجة الكبيرة إلى الأنسجة الصغيرة .

ورغم أن كثيراً من الباحثين قد أوضحوا ضرورة البوتاسيوم لنمو النبات فقد أوضحت بعض الدراسات إمكان استبداله بالصوديوم فى زرعات مائية بنسبة تصل إلى ٨٠٪ بالنسبة لنبات بنجر السكر بينما لا يمكن إستبداله إطلاقا بالنسبة إلى البطاطس ويذكر Ulrich and Ohki أن النباتات التى نمت فى ظروف توفر لها حاجتها من البوتاسيوم كانت أفضل من تلك التى استبدل جزء كبير من حاجتها من البوتاسيوم بالصوديوم ولازال موضوع مدى احتياج النبات للصوديوم وعلاقة البوتاسيوم مع الصوديوم بالنسبة لنمو النبات فى حاجة إلى مزيد من البحث .

وأول ما تظهر أعراض نقص البوتاسيوم فى النبات تكون فى الأجزاء التى تم نضجها حديثا وليس على الأجزاء الصغيرة النامية وبتقدم نمو النبات تظهر أعراض نقص البوتاسيوم على الأجزاء التى نضجت ويرجع ذلك إلى ما أشرنا إليه سابقا من قدرة البوتاسيوم على الحركة منها إلى الأنسجة النامية فإذا لم يوجد بكميات كافية فإن الأجزاء الناضجة تفقد محتوياتها منه حتى توفر للانسجة النامية بعض إحتياجاتها وفى حالة شدة نقص البوتاسيوم فإن النبات كله قد تظهر عليه

أعراض هذا النقص ومن أهم الأعراض حدوث بقع بنية وثقوب فى حواف الأوراق (Leaf scorch) يبدأ باصفرار خفيف عند الحواف يغمق تدريجيا حتى يصل إلى اللون البنى ويجف مكونا البقع المشار إليها .

وتظهر أعراض نقص البوتاسيوم على بعض النباتات أسرع من غيرها ومن هذه النباتات البطاطس والبرسيم الحجازى والدخان وتتوقف احتياجات النبات من البوتاسيوم على نوع المجموع الجزرى ونشاطه وكذا على درجة النمو وتكون الثمار فى النبات .

٧- الكلسيوم :

تمتص النباتات الكلسيوم على الصورة الأيونية وهو ضرورى لجميع النباتات العليا ويوجد فى الأوراق على صورة بكتات (أملاح حامض Pectic) وكذلك متحداً مع الأحماض العضوية الأخرى ويترسب فى جدر كثير من الخلايا على صورة أوكسالات .

ويبدو أن الكلسيوم ذو علاقة وثيقة مع الخلايا المرستيمية وتكون الأزهار على عكس البوتاسيوم الذى يتميز بتحركه فى النبات فإن الكلسيوم عنصر مقيد Immobile ولا ينتقل من الأجزاء الناضجة إلى الأجزاء النامية عند نقصه ويؤدى ذلك إلى أن أعراض نقصه تبدو أولا فى الأنسجة النامية الصغيرة .

ولا تتكون البراعم الطرفية أو تكون ناقصة التكوين فى كثير من النباتات التى تعانى نقص الكلسيوم ويذكر Chapman أن الأطوار الأولى فى نقص الكلسيوم لا تظهر لها أعراض مميزة ولكن بزيادة النقص فإن الأوراق الصغيرة الحديثة تكون صغيرة مشوهة وذات حواف غير منتظمة وقد تموت البراعم الطرفية .

والنباتات البقولية تظهر عليها أعراض نقص الكلسيوم أسرع من غيرها وأشهر مثل لذلك هو البرسيم الحجازى .

كما أن نقص الكلسيوم يحدث كثيراً فى جميع الأراضى الحامضية فالأضرار الناتجة فى الأراضى الحامضية يكون أغلبها راجعاً لأسباب غير نقص الكلسيوم لأن الأرض غنية فى الصوديوم وعلى وجه عام فحاصلات الحقل يبرر أن تحددها نقص الكلسيوم وحده وحالة الكلسيوم فى الأراضى الحامضية عامل أساسى من العوامل التى تعقد التنبؤ من رقم pH وحده ما إذا كانت الأرض تحتاج إلى إضافة الجير (كربون الكلسيوم) قبل زراعة المحصول .

ويبدو أن لنقص الكلسيوم أثرين على النبات فهو يسبب قصر المجموع الجذرى ويعطى للنبات مظهراً خاصا للأوراق ولنقص الكلسيوم أيضاً تأثير غير مباشر على النبات بالسماح لبعض العناصر بالتجمع فى الأنسجة، والمحتوى المرتفع من الكلسيوم فى الأرض الذى قد يوجد فى بعض الأراضى الجيرية على سبيل المثال وقد لا يوجد لها تأثير مباشر على أغلب النباتات غير أنه قد يكون لها تأثير ثانوى ضار فالمستويات العالية منه تخفض امتصاص المغنسيوم والبوتاسيوم وخصوصا فى الأراضى الجيرية التى تحتاج لمستوى عالٍ من التسميد بالبوتاسيوم.

والأضرار التى تحدث لبعض النباتات الناتجة عن زيادة الكلسيوم ترجع غالبا للأنيون المصاحب له وليس عن الكلسيوم نفسه .

٨- المغنسيوم :

المغنسيوم عنصر ضرورى لجميع النباتات الخضراء فهو أحد مكونات "الكلوروفيل ويبدو أنه له دور هام فى نقل الفوسفور فى النبات وكنتيجة لذلك يتجمع

فى البذور الغنية بالزيت فالزيت يصاحبه تجمع اللسيثين وهو دهن يحتوى الفوسفات وبالتالى محتوى المحصول من الفوسفات يمكن فى بعض الأوقات أن تزيد إلى مستوى مرتفع بإضافة المغنسيوم بدلاً من التسميد بالفوسفات ولهذا السبب فسليكات المغنسيوم مثل السربنتين أو الاوليفين المسحوقين ينضمان فى بعض الأحيان إلى السوبرفوسفات ليزيدا تأثيره .

تمتص النباتات المغنسيوم كأغلب الكاتيونات على الصورة الأيونية ويدخل المغنسيوم فى تركيب جزيئ الكلورفيل فبغيره لا تستطع النباتات الخضراء أن تقوم بعملية التمثيل الضوئى .

ويوجد المغنسيوم أيضا فى البذور ويبدو أنه مرتبط مع ميتابوليزم (أيض) الفوسفور ويعتبر ضروريا لتنشيط عدد من الأنزيمات والمغنسيوم سهل الحركة فى النبات وينتقل من الأجزاء الناضجة إلى الأجزاء النامية فيه عندما يكون مقداره غير كاف بإحتياجات النبات ولذلك فإن أعراض نقصه يبدأ ظهورها على الأوراق السفلى .

وأهم هذه الأعراض هو إصفرار الورقة فيما بين العروق أما العروق نفسها فانها تظل خضراء وبزيادة النقص تصبح الورقة جميعها صفراء باهتة ثم بنية ذات ثقوب .

ويظهر فى بعض النباتات خصوصاً القطن لون أحمر بنفسجى على الأوراق السفلى يتحول إلى بنى ثم تبدأ ظهور الثقوب فى الأوراق .

ويذكر Wallace أن القرنبيط والبروكولى من النباتات الحساسة لنقص المغنسيوم أكثر من غيرها وكذا بعض أصناف البطاطس ويذكر Eisenmenger

أن الذرة والبطاطس تظهر عليها أعراض نقص المغنسيوم أسرع من غيرهما من النباتات .

٩- الكبريت :

عرف الباحثون ضرورة الكبريت للنبات منذ أكثر من ١٠٠ سنة وعرفوا أيضا أن النبات يمتصه من الأرض على صورة كبريتات كما تستطيع أوراق النبات امتصاص ثاني أوكسيد الكبريت من الجو ويتحول بمجرد امتصاصه إلى كبريت .

ولوحظ أن إحتياجات النبات من الكبريت تقارب إحتياجاته من الفوسفور على وجه عام ولو أن ذلك يختلف من نوع إلى آخر .

ويحدث أن نسبة كبيرة من الكبريتات الممتصة تتحول إلى يدركب ولو أن ذلك لا يمنع أن تحتفظ بعض أنسجة الخلايا وعصارتها بالكبريت فى صورة كبريتات دون ضرر ويوجد الكبريت فى صورته المختزلة فى مركبات مثل السستين Cysthine والمثيونين Methionine والثيامين Thiamim وغيرها .

وتوجد بعض الدراسات تشير إلى دور خاص لمركبات الكبريتور Sulfide فى عملية تحويل أشعة الشمس إلى طاقة كيميائية .

والكبريت عنصر متحرك فى النبات فيمكن أن يتحرك من الأجزاء التى بها كميات كبيرة منه إلى المناطق النامية التى تحتاج إليه عندما يقل المقدار الممتص من الأرض منه .

وتشبه أعراض نقص الكبريت فى النباتات لأعراض نقص النتروجين والظاهر أن سبب ذلك هو أن كلا منهما ضرورى لتكوين الكلوروفيل ولو أن الكبريت لا يدخل ضمن تركيب جزيئ الكلوروفيل نفسه .

العناصر الدقيقة :

في دراسات تغذية النبات تأخر التعرف على دور العناصر الدقيقة في حياة النبات لوجود أغلب هذه العناصر على صورة شوائب في أسمدة العناصر الأساسية أو في الزجاج وعندما أمكن الحصول على أملاح العناصر الأساسية في صورة نقية إتضحت الحاجة إلى العناصر الدقيقة وعرفت واحداً بعد الآخر ولو أن الحديد قد عرفت أهميته للنبات منذ وقت طويل بواسطة Grisla في سنة ١٨٤٤ ثم عرف دور المنجنيز والبورون والزنك والنحاس والمولبدنيوم بين ١٩٣٢ ، ١٩٣٩ ثم كان إكتشاف ضرورة الكلورين للنبات في سنة ١٩٥٤ بواسطة برويير وكارلتون وستاوت Broyer ; Carlton and stout .

١٠- الحديد :

يمتص الحديد من الأرض عادة في الصورة الأيونية ولو أن بعض الدراسات تشير إلى إمكان إمتصاصه في صورة مركب عضوي (مثل EDTA مع الحديد) وكذا يمكن للأوراق إمتصاص الحديد عند رش أملاحه عليها والرأي الغالب أن الحديدوز هو الصورة التي يغلب أن يمتصها الجذور ولو أن الحديديك يمكن أيضاً أن يمتص .

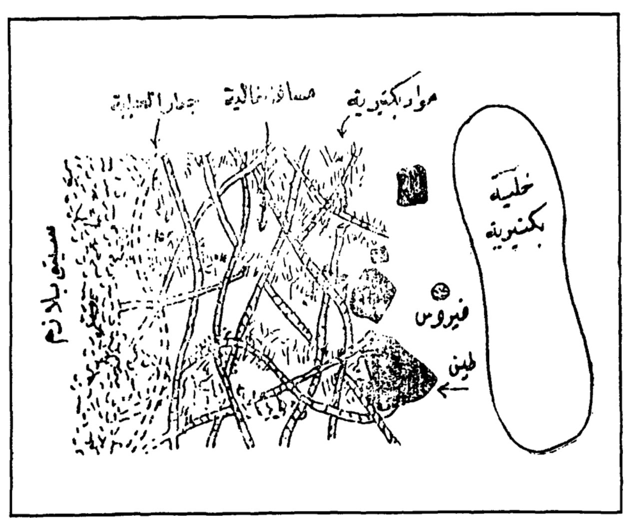
والحديد ضروري لتكوين الكلوروفيل ولو أنه لا يدخل ضمن الجزئ نفسه وهو ضروري لإنزيمات التنفس خصوصاً الكاتاليز Catalase والبيروكسيديز Peroxidase والسيتوكروم Gytochrome .

والحديد لا يتحرك في النبات فلا ينتقل من الأجزاء الناضجة إلى الأجزاء النامية عند نقص الممتص منه ولذا تظهر أعراض نقصه على الأجزاء النامية بصفة خاصة .

وأهم أعراض نقص الحديد في النباتات هو الاصفرار Chlorosis فيظهر الاصفرار واضحاً على الأوراق في لون البرتقال في الحالات الشديدة أما الحالات الخفيفة فيظهر إخضرار لون العروق الورقية ورقة الورقة بدرجة غير عادية .

تفسير ينى Jenny لإمتصاص الحديد فى البيئات القاعدية :

يوضح شكل (٢) رسماً تخطيطياً لجدار الخلية فى سطح الجذر مبنيا على دراسات Fry – Wyssllng ، وسمك الجدار ١ ميكرون ويتكون إطار بناء الخلية من ألياف سيلولوزية ذات قطر نحو ٢٠٠ أ (أ = انجستروم) وبين هذه الألياف فجوات مملوءة بالماء والمواد المذابة والغازات وهذه الفجوات هى المسافات الخالية Free Spaces أو مملوءة بنواتج الأيض مثل الهيميسيليلوز والمواد البكتينية وغيرها ومعروف أن مجموعات الكربوكسيل ك أ أ الحرة هى المسئولة إلى حد كبير عن السعة التبادلية الكاتيونية للجذور .



شكل (٢): رسم توضيحى للخلية والنظام الأرضى (Jenny, 1961)

وبالشكل (٢) نجد على يسار جدار الخلية بالأتجاه إلى داخلها يوجد السيتوبلازم وإلى اليمين توجد الأرض وتمثل الأجسام السوداء بالرسم أوكسيد الحديد أو حبيبات الطين فى حجوم غروية وأقصى اليمين يوجد رسم لخلية بكتيرية - "ب" - وحبيبة فيروسية - "ف" - للمقارنة والمسافة بين الخلية البكتيرية والحافة اليمينى لجدار الخلية الجذرية تمثل المحلول الأرضى الذى يحتوى الجزيئات المذابة ويمكن للمحلول أن يتحرك خلال القنوات الواسعة بجدار الخلية متجها من اليمين إلى اليسار نتيجة النتح وبالنسبة إلى أن أيونات الحديد بمحلول الأراضى الجيرية نادرة الوجود فيبدو أن هذه القنوات الواسعة قليلة الأهمية بالنسبة لمقدار الحديد الذى يدخل الجذور .

ومن رأى ينى أن الموقع الهام بالنسبة للإمساك بالحديد هو نقط تلامس أكسيد الحديد مع البكتين المغطى بمجموعة الكربوكسيل .

ك أ أ يد   ك أ أ -
ك أ أ يد + ٢/١ ح٢ أ٣ ↔ جذر   ك أ أ - ح + ٢ / ١ أ يد٢ أ
ك أ أ يد   ك أ أ -

ك أ أ يد   ك أ أ -
+ كا ك أ٣ ↔ جذر   كا + يد٢ ك أ٣
ك أ أ يد   ك أ أ -

والحديد والكلسيوم اللذان يتحصل عليهما بهذه الطريقة يمكن أن ينتشرا خلال الجزء البكتينى من جدار الخلية عكس تيار من أيونات الهيدروجين الناتج عن النشاط الأيضى ، وكذا أيضاً عكس تيار الألكترونات إذا كان من الضرورى أن يكون الحديد فى صورة ثنائية وليست ثلاثية ، وبمجرد أن يصل الحديد إلى السيتو بلازم فإنه يتحرك عن طريق آليات الأيض .

ويذكر أن المسافة بين مواقع التبادل Exchange Sites على الجذور تبلغ نحو ١٦,٥ أ ، ولكن بالنسبة إلى أن جذور الخلايا تسمح بدخول بعض الجزيئات العضوية التى يصل حجمها إلى ٥٣ أ فلا بد أن هناك قنوات ومسافات واسعة كما أنه لا بد من وجود مناطق تكون المسافة بين مواقع مجموعات الكربوكسيل فيها أقل من ١٦,٥ أ ، وهذه المناطق تشير إلى وجود ثغور وقنوات تحتوى كثافة عالية من الشحنات ، وعلى ذلك فإن جدار الخلية الجذرية يمكن اعتباره أنه ذو قنوات ضيقة محملة بشحنات كثيفة وأخرى واسعة ذات شحنات ضعيفة .

وفى القنوات الواسعة تنتشر الجزيئات العضوية والأزواج الأيونية نحو الداخل، أو قد تحمل مع تيار الماء الداخل إلى الجذر نتيجة النتح من اليمين إلى اليسار ولا تتدخل مواقع التبادل عبر القناة الواسعة ، ولكن أيونات الحديد التى قد تكون مرتبطة بأحد مواقع التبادل هذه ترسب فورا بواسطة المحلول الأرضى قاعدى التأثير فى الأرض الجيرية .

أما فى القنوات الضيقة ذات القطر ٥ أ مثلا فإن كثافة مجموعات الكربوكسيل عالية لدرجة تطرد الأنيونات وتمنع دخولها فهذه المناطق من الجذر تعمل كما لو كان لها قدرة اختيارية ، وفى المسام والقنوات الضيقة تتداخل الكاتيونات المختلفة بعضها مع بعض فى شكل محلول كاتيونى Cation Solution ، والحديد الذى ارتبط مع مجموعة الكربوكسيل على جدار الخلية الجذرية ينتشر إلى داخل الخلية الجذرية من اليمين إلى اليسار عكس تيار من أيونات الهيدروجين التى تتكون فى السيتوبلازم والتى تتحرك من اليسار إلى اليمين والعملية تشبه عملية تبادلية انتشارية فتقفز فيها أيونات الحديد من مجموعة إلى أخرى وبالنسبة إلى عدم دخول أنيونات فلا يترسب الحديد وحركة الماء خلال هذه القنوات شديدة البطء .

ويستطرد ينى ليحسب الوقت اللازم لأيون الحديد المدمص المرتبط بمجموعة الكربوكسيل ليعبر جدار الخلية ذا سمك ١ ميكرون مستخدما فى ذلك معادلة لأينشتاين وينتهى إلى أن هذا الوقت نحو ٢,٨ ثانية وبالتالى فعملية العبور نفسها سريعة ولا تعتبر عاملا محددا لمقدار الحديد الذى يدخل الخلية ويشير إلى أن العامل المحدد يقع على الجدار الخارجى للخلية حيث يجب أن يوجد عدد من مواقع التبادل مشغولة بالهيدروجين حتى يضمن تيار من أيونات الحديد إلى داخل الخلية ولما كانت مواقع التبادل المغطاة بالكلسيوم أو المغنسيوم أو الصوديوم لا تهاجم أوكسيد الحديد ، يتضح أنه يجب أن يكون جزء من السطح المعرض الخارجى للجذر مشغولا بالهيدروجين أى تكون مجموعة الكربوكسيل حامضية (ك أ يد) وأن تظل كذلك بواسطة تيار من أيونات الهيدروجين الذى يتجه دائما نحو الخارج بواسطة التبادل والانتشار كما أوضحنا وعملية التحميض بالهيدروجين هذه تصبح صعبة إذا كانت كربونات الكلسيوم بالنظام الأرضى فى صورة حبيبات دقيقة مما يتيح لها عددا من نقط التلامس مع سطح الجذر وكذا الحال إذا مرر تيار من محاليل هيدروكسيد أو كربونات أو بيكربونات الكلسيوم حول الجذور تقل مجموعة (ك أ يد) على سطح الجذور ولعل ذلك سبب ظهور الاصفرار المؤقت على كثير من الحاصلات فى أعقاب المطر الغزير أو الرى .

١١- المنجنيز :

يحتاج النبات إلى كميات ضئيلة من المنجنيز إذا زاد عنها أصبح ضارا بالنبات وهو ضرورى لبعض الانزيمات المؤكسدة وهو أيضا لا يتحرك فى النبات ولذا تظهر أعراض نقصه على أجزاء النبات النامية .

وأهم أعراض نقص المنجنيز فى الموالح هو ظهور منطقة خضراء غامقة حول العرق الوسطى يتلوه اخضرار العروق الفرعية مع لون أخضر فاتح لنسيج الورقة المحيط بها .

١٢- الزنك :

يحتاج النبات منه إلى كميات أصغر مما يحتاج من المنجنيز ودوره فى حياة النبات غير معروف على وجه التحقيق ولو أنه ضرورى لإنزيمات الكربوكسيلاز Carboxylase وغيره .

وأهم أعراض نقص الزنك فى الموالح هو وجود بقع صفراء بين عروق الورقة كما يظهر تورد بعض أطراف الأفرع فى بعض أشجار الفاكهة .

١٣- النحاس :

تتصل وظيفة النحاس فى النبات بالانزيمات ونقصه يؤدى إلى ظهور لون أخضر مزرق فى أطرف الأوراق وذبول فى قمم الأفرع النامية .

١٤- البورون :

يحتاج النبات للبورون بكميات دقيقة ويصبح ساماً إذا زاد عنها ويلاحظ أن نقص البورون فى النبات يصحبة زيادة فى الكربوهيدرات ومركبات الأمينات الذائبة فى الماء وأدى ذلك إلى الاتجاه أن للبورون دوراً فى تكوين البروتين وللبورون أيضا دور فى استفادة النبات من الكلسيوم والبوتاسيوم وفى تكون العقد الجذرية .

وهو عنصر غير متحرك فى النبات فلا ينتقل من جزء إلى آخر وأهم الأعراض الخارجية لنقص البورون على الأوراق هو الشذوذ كزيادة السمك والتجعد والإلتواء والذبول والإصفرار المبقع .

١٥- الموليبدنيوم :

يعتقد أن وظيفته فى النبات متصلة بإنزيمات إختزال النترات وكذا تثبيت الآزوت الجوى فى النباتات البقولية وأهم أعراض نقصه هو تجعد الأوراق وتبقعها.

١٦- الكلورين :

أهم أعراض نقص الكلورين هو الذبول كما قد يظهر إصفرار فيما بين عروق الأوراق .

١٧- السليكون* :

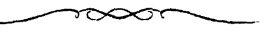
أهتم الباحثون القدامى فى فسيولوجيا النبات وتغذية الحبوب ونباتات المراعى بالسليكون على أنه يعطى قوة تتعش النبات ومن تجارب حقلية فى روثامستد أتضح عدم صحة ذلك إذ لم تقو سوق الشعير أو القمح أو أعشاب المراعى بتسميدها بسليكات الصوديوم وهذه الحاصلات تحتوى بالتأكيد سليكون كاف فى مادتها الجافة وقد أتضح أن محتوى القمح النامى على أرض طينية من السليكون يزداد فى خط مستقيم مع زيادة المادة الجافة الناتجة ووظيفة السليكون فى الحاصلات غير معروفة ولو أن فاجنر قد وجد أن حاصلات قد نمت دون سليكات ذائبة وكانت أكثر حساسية للمليبدنيوم المحتوى على سليكات ميسورة .

وتسميد الأرض بسليكات الصوديوم يمكن أن يزيد إنتاج المحصول النامى على أرض فقيرة فى الفوسفات ونفس النتيجة حصل عليها بالنسبة لمحصول الشوفان (Oats) فى زراعات مائية ودرست هذه الظاهرة بواسطة Hall ; Kreuzhage and Wolff الذين أنتهوا إلى أن السليكات تؤثر عن طريق زيادة تمثيل حامض الفوسفوريك بالنبات .

وأوضح فرمان وفيشر أن التأثير الرئيسى للسليكات أنها تزيد الفوسفات الميسورة فى الأرض وأن أى تأثير آخر للسليكات أقل من هذا التأثير .

* يمكن الرجوع لكتاب: Sir J.E. Russell. "Soil Condition and Plant Growth." P. 7

الباب الثالث



إمتصاص النبات للعناصر المغذية

◊ العوامل التى تؤثر على إمتصاص النبات للعناصر المغذية

◊ آلية إمتصاص النبات للعناصر المغذية من الأرض

◊ تسميد الأراضى المتأثرة بالأملاح

الباب الثالث

إمتصاص النبات للعناصر المغذية

تقدمت دراسات تغذية النبات فى السنوات الأخيرة تقدما كبيرا فمنذ اتضح لباحثى القرن التاسع عشر أن النبات يمتص العناصر فى صورها المعدنية توالت الدراسات لكشف العناصر الضرورية لتغذية النبات والصور التى يستطيع النبات امتصاصها من هذه العناصر وطرق النبات فى الامتصاص والظروف التى تلائم عملية الامتصاص والتى لا تلائمها .

ونمو النبات محصلة لعوامل شديدة التعقيد ولذلك فقد قابل الباحثين صعوبات مختلفة عند دراستهم لأوجه تغذية النبات وبعد أن عرفوا أن النبات يمتص العناصر فى صورة أيونية عمدوا إلى تنميته فى محاليل تحتوى العناصر المغذية تبسيطا للعوامل التي تؤثر على امتصاص هذه العناصر عند تنمية النبات فى الأرض وتدرجوا بعد ذلك إلى تنمية النباتات فى معلقات من الطين والماء مع العناصر المغذية وكذا تنميتها فى غرويات نقية مثل أنواع معينة من الطين أو الراتنجات Resins كما استعملوا فى هذه الدراسات جذور النباتات وحدها Exised Roots أوالنباتات الكاملة Intact Plants .

وعند استعمال المحاليل المغذية لتنمية النباتات اتضح أنه يجب توافر الشروط الآتية فيها :

١- أن تحضر هذه المحاليل بحيث تحتوى تركيزات من العناصر تتناسب تقريبا مع معدلات امتصاص النبات لها حتى لا ينفد أحدها من المحلول قبل بقية العناصر .

٢- أن تكون متوازنة Balanced أى يمتص النبات منها تقريبا مقادير من الكاتيونات مساوية لما يمتصه من الأنيونات حتى تتفادى التحول إلى الحموضة الزائدة إذا امتص النبات مقدارا من الكاتيونات أكبر من الأنيونات وهو ما يعبر عنه بالحموضة الفسيولوجية Physiological acidity أو التحول إلى القلوية بزيادة امتصاص الأنيونات عن الكاتيونات physiological Alkalinity ويقترح آرنون وهوجلاند المحلول الآتى ليفى بهذه الشروط :

نترات البوتاسيوم بو م أ$_{٣}$	٠,٠١	جزيئ
نترات الكلسيوم كا (ن أ$_{٣}$)	٠,٠٠٣	جزيئ
كبريتات المغنسيوم مغ كب أ$_{٤}$	٠,٠٠٢	جزيئ
فوسفات الأمونيوم (ن يد$_{٤}$) يد$_{٢}$ فوأ$_{٤}$	٠,٠٠٢	جزيئ

ويكفى ما يحتوية الماء المقطر العادى من العناصر الدقيقة أو ما تحتويه الأملاح المستعملة من هذه العناصر كشوائب لمد النبات بما يحتاجه منها أما اذا استعملت مياه مزدوجة التقطير وكيماويات شديدة النقاء فيمكن اضافة الآتى :

الزنك	٠,٠٥	جزء/مليون	النحاس	٠,٠٢	جزء/مليون
الموليبدنيوم	٠,٠١	جزء/مليون	البورون	٠,٥٠	جزء/مليون
المنجنيز	٠,٥٠	جزء/مليون	الكلور	٠,٥٠	جزء/مليون

أما الحديد فيحسن أن يضاف كميات صغيرة منه على دفعات حتى لا يرسب على صورة فوسفات حديديك وينصح بإضافته الآن فى صورة مقيدة (chelated).

العوامل التى تؤثر على امتصاص النبات للعناصر المغذية :

يتأثر مقدار ما يمتصه النباتات من العناصر المغذية من الارض بعدد من العوامل يمكن تقسيمها إلى مجموعتين :

الأولى : عوامل متعلقة بالبيئة التى ينمو فيها النبات أى عوامل خارجية .
الثانية : عوامل متعلقة بالنبات نفسه أى عوامل داخلية .

العوامل الخـارجـية :

أ) عوامل متعلقة بالعنصر المغذى أهمها :

١- الصورة الكيميائية التى يوجد بها العنصر المغذى فى الأرض ومدى صلاحية هذه الصورة للامتصاص .
٢- تركيز العنصر .
٣- نظام أو نمط Pattern توزيعه فى الأرض ويتضح ذلك بوجه خاص فى حالة العنصر المضاف كسماد فإضافته نثرا على سطح الأرض يختلف كل الاختلاف عن إضافته مركزاً فى جور بجانب جذور النبات أو خلطه بالأرض إلى عمق معين وينعكس ذلك على ما يمتص من هذا العنصر بواسطة النبات.

ب) عوامل متعلقة بالبيئة :

١-صور وتركيز وتوزيع العناصر المغذية الأخرى .
٢-الرقم الهيدروجينى للأرض وهو حالة خاصة من العامل السابق .
٣-توفر الماء .
٤-درجة الحرارة .
٥-التهوية .

العوامل الداخـلية :

١- الصفات الوراثية للنبات .
٢- نوع الجذر ومدى انتشار المجموع الجذرى .
٣- عدد ومواقع التبادل الأيونى ومدى انتشارها على الجذور .

٤- درجة نفاذية أنسجة الجذر .
٥- التنفس والأيض Metabolism .
٦- النتح .
٧- التركيب الأيونى للنبات .
٨- عمر النبات وسرعة نموه .
٩- قدرة النبات على المعيشة التكافلية مع الكائنات الأرضية الدقيقة .

امتصاص النباتات للعناصر المغذية من الأرض :

استعملت طرق الدراسة السابق الإشارة لها سواء المحاليل المغذية أو المعلقات الغروية للتعرف إلى آليات Mechanisms النبات فى امتصاص العناصر المغذية بواسطة جذوره حتى يمكن منها تفسير النتائج التى يتحصل عليها من دراسة النبات عند نموه فى الأرض . وفى دراسات تغذية النبات فإن امتصاص النبات من النظام الأرضى هو الذى يهمنا بصفة مباشرة رغم أن بعض نواحى هذا الموضوع لازالت موضع خلاف بين كثير من الباحثين وفى الصفحات التالية عرض لبعض الدراسات فى هذا المجال الهام من دراسات الأرض والنبات.

يطلق تعبير (النظام الأرضى) على المواد الصلبة والسائلة والغازية التى توجد معاً فى الكتلة الأرضية وتوجد العناصر المغذية فى حالة ذائبة أى بالصورة السائلة من النظام الأرضى وفى حالة صلبة بالصورة أو الجزء الصلب Phase من هذا النظام Solid phase .

ويحتوى المحلول الأرضى العناصر المغذية فى صورة ذائبة وقد أعتبرت هذه العناصر الذائبة المصدر الذى يستطيع النبات الحصول منه على حاجته منها وظل هذا الرأى سائدا وقتا غير قصير رغم أن بعض الباحثين الأوائل اعترضوا عليه

فقد أشار (Liebig سنه ١٨٥٨) إلى أن مقادير العناصر الذائبة أو التى يمكن إذابتها فى المحلول الأرضى لا يمكن أن تكفى حاجة النبات وأنه لا بد من وجود طريقة أخرى ذات صلة بجذور النبات تعمل على مده بحاجته من هذه العناصر .

وبرزت بعد ذلك أهمية الجزء الصلب من العناصر المغذية ومساهمته فى مد النبات بحاجته منها وقسمت عملية حصول النبات على عنصر مغذى من هذا الجزء الصلب إلى الخطوات الآتية :

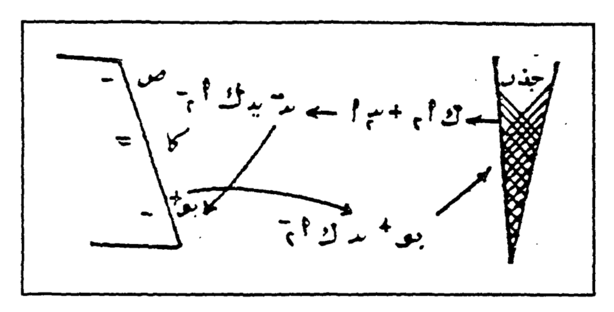
١- تحول العنصر من القسم الصلب إلى القسم السائل فى المحلول الأرضى .
٢- تحرك الأيون من أى نقطة فى المحلول الأرضى إلى جوار الجذر .
٣- انتقال الأيون من قرب الجذر إلى داخل الجذر .
٤- انتقال الأيون إلى أعلى النبات .

ويتم تحول العنصر من القسم الصلب إلى القسم السائل فى النظام الأرضى بأحدى الطرق الآتية :

١- التبادل Exchange :

أ) ينبعث ثانى أكسيد الكربون من الجذر فيتكون فى المحلول الأرضى حامض كربونيك .
ب) ينتشر حامض الكربونيك في المحلول ليصل إلى سطوح حبيبات الطين .
ج) يحل أيون هيدروجين الحامض محل أيون البوتاسيوم على سطح الطين وتتكون بيكربونات البوتاسيوم .
د) ينتشر الملح الجديد - بيكربونات البوتاسيوم - من سطح الطين متجها إلى الجذر حيث يتبادل البوتاسيوم مع الهيدروجين على سطح الجذر أو يدخل الجذر على صورة زوج من الأيونات .

ويطلق على هذه الآلية نظرية ثانى أوكسيد الكربون .



شكل (٣) : رسم توضيحى لحصول الجذور على الأيونات المدمصة (نظرية ك أ٢)
(نقلا عن: Lenny, 1952)

٢- الإذابة Dissolution :

وهى تمثل قدرة القسم الصلب من النظام الأرضى على مد المحلول الأرضى بالعناصر المغذية ويذكر فريد وشابيرو Fried and shapiro أن المعدل الذى تتحول به العناصر من الصورة الصلبة إلى المحلول الأرضى ثابت ومميز لكل أرض .

والقدرة على إذابة القسم الصلب تزيد عموما بارتفاع درجة الحرارة كما أن نسبة ثانى أوكسيد الكربون فى الهواء الأرضى تزيد زيادة كبيرة على نسبته فى الهواء الجوى والحامض الناتج عن ذوبانه فى الماء الأرضى لـه قدرة على إذابة كثير من المواد الصلبة تزيد عن قدرة الماء وحده وتختلف آلية الإذابة فى هذه الحالة عن آلية التبادل المشار إليها فى الفقرة السابقة.

٣- التقييد Chelation :

يرى هنتر Hunter وآخرون أن جذور النبات تفرز مركبات مقيدة تنتشر في المحلول الأرضى حتى تصل إلى المركبات غير الذائبة المحيطة بالجذور فترتبط مع العناصر وتعود مرة ثانية بالانتشار إلى جذور النبات .

ومهما كانت طريقة مد المحلول الأرضى بالعناصر المغذية فإن تركيز هذه العناصر بالمحلول الأرضى دائما أقل من أن يفى بحاجة النبات ولذا فمن الضرورى أن تتجدد محتويات المحلول الأرضى عدة مرات يوميا خصوصا فى حالة الفوسفور لإنخفاض تركيزه فى المحلول الأرضى انخفاضا شديدا حتى يستطيع النبات استيفاء حاجته من العناصر ويطلق على تركيز العنصر فى المحلول الأرضى الذى يلامس الجذور بأنه عامل كثافة Intensity Factor.

أما قدرة الأرض على تجديد أيونات المحلول فتعتبر عامل سعة أو قدرة Capacity Factor ، قسم باربر (١٩٦٣) Barber الوسائل التى تصل بها العناصر المغذية بالأرض إلى سطوح جذور النبات إلى ثلاث وسائل :

١- أن يصل الجذر بنموه إلى حيث توجد هذه العناصر أى أن الجذر يعترض العناصر حيث تكون ولذا يطلق على هذه الآلية الأعتراض الجذرى Root Intersepiton .

٢- أن تنتقل العناصر إلى سطوح الجذور بواسطة النقل مع الماء ويطلق على هذه الِالية الأنتقال الكتلى Mass Flow ويتحرك الماء فى الأرض نحو الجذور نتيجة الجذب المستمر له الناتج عن امتصاصه بواسطة جذور النبات، ويتأثر انتقال الماء وبالتالى العناصر المحمولة معه بنفاذية الأرض للماء وكذا بدرجة الحرارة لأن حركة الماء تتأثر بمعامل اللزوجة ويتأثر الأخير بدرجة الحرارة .

٣- أن تنتقل العناصر من الأرض إلى سطح الجذر بالإنتشار Diffusion ويتوقف الإنتشار على وجود فرق (منحنى أو ممال) فى التركيز Concentration gradient ويمكن توضيح الأنتشار بوضع عدد من بللورات ملح فى كوب من الماء فبعد مضى بعض الوقت نجد أن الملح أصبح موزعا بانتظام فى المحلول كله وآلية هذا التوزيع (الأنتشار) هو حركة كل من جزيآت الماء والملح فى جميع الاتجاهات ويقدر الانتشار النهائى Net Diffusion بالفرق بين عدد الجزيئات التى تتحرك فى أى اتجاهين متضادين فى مدة معينة .

وعندما يكون الأنتشار صفرا فإن ذلك لا يعنى توقف انتشار حركة الجزيئات بل يعنى أن حركة الجزيئات متساوية فى جميع الاتجاهات ويقف الأنتشار عند درجة الحرارة المطلقة (-٢٧٣) .

ويعبر قانون Fick عن العلاقة بين مقدار الجزيئات التى تنتشر والعوامل التى تؤثر عليه ومن أهمها ممال التركيز Concentratien gradient ومعامل الأنتشار Diffusion Coefficient الذى يختلف حسب نوع الجزيئات الذائبة والمذيبة ودرجة الحرارة وممال التركيز وإلى حد ما بالتركيز .

وحاول باربر (Barber, 1963) تقييم كل وسيلة من ناحية كفاءتها فى مد النبات بحاجته من العناصر المغذية وانتهى إلى أن الوسيلة الأولى الأعتراض الجذرى لا تمد نبات الذرة الذى ينتج حوالى ٢٥ أردب للفدان من عمق ١٥سم بأكثر من ٦-١٠٪ من حاجته من النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم ولكنها تكفى لأن تمده بجميع حاجته من الكلسيوم والمغنسيوم .

وأن النقل بالماء (الأنتقال الكتلى Mass Flow) يمد النبات بأغلب حاجته من المغنسيوم ولكنه لا يكفى لمده إلا بنسبة صغيرة من حاجته من البوتاسيوم والفوسفور وأوضح باستعمال الكبريت المشع تجمع الكبريت حول الجذور بالانتقال مع الماء ويرى أن النقل بالأنتشار هو الوسيلة التى تمد النبات بأكثر حاجته من الفوسفور والبوتاسييوم .

ويقدر فريد وشابيرو (١٩٦١) Fried & Shapiro أن المحلول الأرضى يستطيع أن يمد محصول ذرة مقداره ٢٠ أردب للفدان بمعظم حاجته من العناصر الغذائية فى أرض تحتوى ٢٠جزء/مليون من الفوسفور و٤٠جزء/مليون كلسيوم و٤٠جزء/مليون مغنسيوم و١٠٠جزء/مليون بوتاسيوم .

التبادل بالملامسة :

ورغم أن كثيرا من الباحثين يعتبرون أن نظرية المحلول الأرضى مقبولة إلا أن ينى Janny يرى أنها قاصرة عن تفسير قدرة النبات على امتصاص العناصر خصوصا العناصر الدقيقة فى الأراضى القاعدية حيث يكون ذوبان هذه العناصر شديد الإنخفاض .

وهو يرى أن الأيونات فى الطور الصلب المدمصة على سطوح الحبيبات يمكنها أن تنتقل إلى جذور النبات مباشرة دون الانتقال إلى الطور السائل من النظام الأرضى عن طريق التبادل بالملامسة Contact exchange وتعتمد نظريته فى التبادل بالملامسة على أن مجموعات الأيونات Ion swarms على الجذور وعلى سطوح حبيبات الطين تتداخل مع بعضها وينتج عن هذا التداخل أنها تتبادل أما كنها على الطين والجذور دون الحاجة إلى وسط سائل .

ومن رأيه أن كلا من الوسيلتين المحلول الأرضى والتبادل بالملامسة تساهم فى مد النبات بحاجته من العناصر فى النظام الأرضى وأن طريقة المحلول الأرضى تكون سائدة بالنسبة للعناصر المغذية الأساسية فى الأراضى الرملية أما فى الأراضى الطينية فالتبادل بالملامسة يكون هو الفعال فى مد النبات بحاجته منها.

ويتوقف يسر Availability العناصر المغذية المدمصة على سطوح الطين للنبات عن طريق التبادل على عدد من العوامل منها :

- نسبة تشبع الطين بالعنصر Degree of Saturation .
- الأيونات المرافقة The Complementary Ions .
- نوع الطين أو المركب الغروى وسعتة التبادلية Type of colloid and its exchange capacity .
- نوع النبات Kind of plant .

غير أننا نوجه النظر إلى أن كلا من هذه العوامل لا ينفرد بالتأثير على امتصاص العنصر المدمص على سطح المركب الغروى مستقلا عن بقية العوامل بل تعمل هذه العوامل مجتمعة ويؤثر كل منها على الآخر .

١- أثر نسبة تشبع الطين بالعنصر :

كلما انخفضت نسبة تشبع الطين بالعنصر كلما قل يسر هذا العنصر للنبات ويذكر الكثير من الباحثين أن البوتاسيوم يصبح غير ميسور للنبات إذا قلت نسبته على سطح الطين عن ١٪ من السعة التبادلية الكاتيونية للطين بينما يجب أن تزيد نسبة تشبع الطين بالكلسيوم عن ٣٠٪ حتى يكون ميسور للنبات .

وقد أوضح الجبلى (١٩٩٥) أنه كلما زادت نسبة تشبع الطين بالعنصر كلما زاد المقدار الذى يمتصه النبات بوجه عام .

٢- أثر الأيونات المرافقة :

لوحظ أنه عند نسبة تشبعية معينة لعنصر ما أن امتصاص النبات لهذا العنصر يتأثر بنوع الكاتيون المدمص المرافق له على سطح الطين فإذا كان الكاتيون المرافق ضعيف الأرتباط بهذا السطح كان امتصاص العنصر منخفضا وإذا كان ارتباط الكاتيون المرافق قويا ارتفع امتصاص العنصر .

٣- أثر نوع الطين وسعته التبادلية :

يرى الجبلى وفيكلاندر Elgabaly and wiklandler (١٩٥٥) أن امتصاص النبات للعناصر الأحادية والثنائية المدمصة يتأثر بالسعه التبادلية للطين فكلما زادت السعة التبادلية الكاتيونية للطين فإن امتصاص النبات للكاتيونات الأحادية يزداد وأوضحا ذلك باستعمال راتنج Resin وطين بنتونيت Bentonite وكاؤلنيت Kaolinite لها سعات تبادلية كاتيونية ١٧٠ ، ٧٠ ، ٣٨ ملليمكافئ/١٠٠جم من كل منها على التوالى وتحتوى نسبا متماثلة من الصوديوم إلى المغنسيوم أو الصوديوم إلى الباريوم المحمولة على سطوحها فكانت نسبة الصوديوم التى امتصها النبات فى حالة الراتنج ذى السعه التبادلية العالية أعلى من نسبة المغنسيوم أو الباريوم الممتصين ولكن نسبة المغنسيوم أو الباريوم التى امتصها النبات فى حالة الكاؤلينيت فاقت نسبة الصوديوم الممتص .

٤- نوع النبات :

أوضح عدد من الباحثين أن لجذور النبات سعة تبادلية كاتيونية فعند نموالنبات فى الأرض يحدث تنافس بين سطوح الجذور وسطوح الطين على الكاتيونات وتزداد قدرة النبات على الحصول على الكاتيونات الثنائية كلما ازدادت سعتها التبادلية الكاتيونية .

وقد سبق أن أشرنا إلى رأى ماتسون فى ذلك وقد أوضح الجبلى وفيكلاندر هذا العمل بوضع جذور البسلة ذات سعة تبادلية كاتيونية ٧١ ملليمكافىء/١٠٠جم وجذور الشعير ذات سعة تبادلية كاتيونية ٢٢,٧ ملليمكافئ /١٠٠جم فى معلق من الطين المشبع بالكلسيوم + الصوديوم لمدة ١٠ ساعات فامتصت جذور البسلة من الكلسيوم ضعف ما امتصته جذور الشعير منه بينما امتصت جذور الشعير من الصوديوم ٤ أمثال ما أمتصته جذور البسلة منه .

الاعتراضات على نظرية الامتصاص عن طريق التبادل بالملامسة :

أنتقد نظرية التبادل بالملامسة كوسيلة يحصل بها النبات على حاجته من العناصر المغذية من الأرض عدد من الباحثين منهم Black, Lundgardh, Wanner وتركزت أهم الاعتراضات على ما يأتى :

١- أن المساحة التى يمكن أن يحدث فيها تبادل على سطح الجذر هى حوالى ١مم^{2} عند طرف القمة النامية من الجذيرات وفى رأيهم أن هذه المساحة لا تكفى لمد النبات بحاجته من الكاتيونات ولكن Jenny يرى أن هذه المساحة تكفى ١٠^{8} صفحة من صفحات بللورات الطين مواجهة للجذر تحمل كل منها ٦٠٠٠-٧٠٠٠ كاتيون أحادى متبادل ، وبالتالى فلن تكون مساحة التبادل محددة لقدرة النبات على الامتصاص فضلا عن أن المساحة التى قدرت بملليمتر مربع واحد (Overstreet & Jocobson) قدرت عند درجة 0 °م بينما Overstreet يقرر أنها غير محصورة فى المنطقة المرستيمية عندما تكون درجة الحرارة حوالى درجة حرارة الغرفة .

٢- يوجد غشاء سليلوزى بين صفحة الطين وسطح السيتوبلازم وهذا الغشاء يمنع التبادل بالملامسة ومن رأى Jenny أن سمك الغشاء مختلف فإذا كان رقيقا

فإن الطبقة المزدوجة لكل من السيتوبلازم والطين يمكن أن تختلطا مع بعضها ويحدث التبادل ولكن إذا تعدى سمك الغشاء ١ ميكرون فقد لا يحدث التبادل ثم يضيف أن الغشاء السليلوزى له سعة تبادلية ولو أنها منخفضة فضلا عن أنه مختلط بالبكتين واللجنين والهيمسليلوز ومواد معدنية وهى جميعا ذات سعات تبادلية عالية .

٣- ويشير Black إلى أن مواقع التبادل ليست هى المواقع التى يحدث فيها الامتصاص الموجب وأن الأيونات تستطيع أن تصل إلى حيث يتم الامتصاص الموجب عن طريق خاصية الأنتشار Diffusion خلال المحلول الأرضى دون أن تكون فى صورة مدمصة وينتهى من ذلك إلى أنه ليس من الضرورى أن تلعب خواص التبادل الكاتيونى للجذور دورا حيويا فى نقل الأيونات من الطور الصلب للأرض إلى داخل الجذور .

جدول (٦): أثر نوع الطين والسعه التبادلية الكاتيونية على امتصاص العناصر المدمصة

النظام	الكاتيونات فى النظام ملليمكافئ			ص	الكاتيونات التى امتصها النبات ملليمكافئ/١٠٠جم جذور جافة			
	ص	مغ	با		مغ	با	ص/ مغ	ص/ با
راتنج ص - مغ	٠,٥	٤,٥	--	٤,٢٥	٤,١٩	--	٠,٨	--
بنتونيت ص - مغ	٠,٥	٤,٥	--	٧,٤٥	١٣,٤٠	--	١.٨	--
كاؤلينيت ص - مغ	٠,٥	٤,٥	--	٠,٧١	١,٧٣	--	٢,٤	--
راتنج ص - با	٠,٥	--	٤,٥	٥,٥٠	--	٠,٢٧	--	٠,٠٦١
بنتونيت ص - با	٠,٥	--	٤,٥	٥,٥٢	--	٢,٣٥	--	٠,٤٢
كاؤلينيت ص - با	٠,٥	--	٤,٥	٠,٨١	--	٥,٤٩	--	٣٠,٥٠

الجبلى وفيكلاندر (١٩٥٥) .

التبادل الأيونى على جذور النباتات :

كانت دراسات ينى Jenny سنة ١٩٣٩ من أولى الدراسات التى أشارت إلى أن جذور النباتات لها خواص تشبه خواص الغرويات ، فعندما غمر جذور نباتات الشعير الحية فى محلول يحتوى روبيديوم مشع لفترات قصيرة لاحظ تزايد مقدار الروبيديوم الذى يمتصه النبات بزيادة الروبيديوم فى المحلول وأن هذه الزيادة تصل إلى نهايتها العظمى عندما تصبح السطوح الخارجية للجذور مشبعة بالروبيديوم وهو نفس ما يحدث عند ادمصاص الكاتيون على سطح الغروى .

ثم أوضح ينى Jenny أن الأيونات المحمولة على سطوح الجذور تتبادل تبادلا مباشرا مع الأيونات المحمولة على سطوح حبيبات الطين عندما تتلامس سطوح الجذور مع سطوح هذه الحبيبات وذلك تطبيقا لرأيه فى تبادل الأيونات بالملامسة Contact exchange .

ولما كان الغرض الرئيسى فى هذا المكان هو توضيح التبادل الأيونى والسعة التبادلية الكاتيونية للجذور فأننا نشير إلى دراسة Williams & Coleman الذين أوضحا هذه الخاصية كما يأتى :

١- النظام المكون من جذور النباتات والماء له خواص المعلق الغروى Suspension effect فإذا شبعت جذور النباتات بالهيدروجين ثم غسلت عدة مرات بماء مشبع بثانى أكسيد الكربون ثم غمرت فى نفس الماء المشبع بثانى أوكسيد الكربون فان تركيز الهيدروجين يزداد قرب سطح الجذور ويكون رقم (pH) لسطوح الجذور أقل من السائل المحيط بها .

٢- غمرت الجذور التى شبعت سطوحها بالهيدروجين بالطريقة السابقة فى محلول كلوريد البوتاسيوم فلوحظ أن الرقم الهيدروجينى للمحلول قد أنخفض

وكذلك إرتفع الرقم الهيدروجينى لسطوح الجذور مما يدل على أن انيونـسيوم قد حل محل هيدروجين الجذور. وقد تم هذا التبادل فى عشرة ثوان مما يدل على أن التفاعل قد تم على السطوح الخارجية.

٣- غمرت جذور الشعير لمدة ١٠ ثوان فى محلول كلوريد السيزيوم ٠,٠١ أساسى الذى يحتوى السيزيوم ١٣٧ المشع ثم رفعت الجذور وغسلت جيدا وقسمت إلى ثلاثة أقسام ، وضع القسم الأول منها فى محلول كلوريد سيزيوم غير مشع والقسم الثانى فى محلول كلوريد كلسيوم ٠,٠٣ أساسى أما القسم الثالث فلم يعامل ثم قدر اشعاع السيزيوم على جذور الأقسام الثلاثة (٢٠ جذر كل منها ١٠سم) فوجد أنها ٠,٠٥ ، ٢,٢٢ ، ٧٣,٨٤ عدة/ ثانية على التوالى. وأوضح أن السيزيوم المشع قد تبادل مع السيزيزم غير المشع فى القسم الأول ومع الكلسيوم فى القسم الثانى .

واتجهت الدراسات بعد ذلك إلى تقدير السعة التبادلية الكاتيونية لجذور النباتات واتبعت فى ذلك طرق مشابهة لبعض الطرق المستعملة فى تقدير السعة التبادلية الكاتيونية للطين . وأقترح Graham & Baker أن يشبع سطح الجذور بالهيدروجين باستعمال الانحلال الكهربائى Electro dialysis مدة ٣ ساعات ثم تعادل بمحلول هيدروكسيد الكلسيوم ويعبر عن السعة التبادلية الكاتيونية للجذور بالمليمكافىء لمائة جرام من الجذور الجافة .

وأقترح Smith & Wallace أن يعبر عن السعة التبادلية الكاتيونية للجذور بالمليمكافىء لكل ١سم٢ من سطح الجذور وأطلقا على ذلك كثافة الشحنة .

وأوضحت تقديرات Graham & Baker للسعة التبادلية الكاتيونية لجذور نباتات الشعير والشوفان والراى والقمح وفول الصويا أنها تتغير حسب العوامل الآتية :

١- عمر النبات .
٢- العناصر المغذية المستعملة وقت نمو النبات .
٣- نوع النبات .
٤- درجة الحرارة التى نما النبات فيها .

وأشار Colbey إلى أن السعة التبادلية الكاتيونية لا تختلف للجذور الحية أو التى عوملت بالايثيلين لقتلها .

ومن كثير من الدراسات لوحظ أن جذور نباتات ذات الفلقتين لها سعة تبادلية كاتيونية أعلى من جذور نباتات ذات الفلقة الواحدة ، كما أن للكاتيونات قدرات مختلفة على الحلول محل بعضها على السطوح الغروية فقد وجد Williams & Coleman أن قدرة الكاتيونات النسبية على الحلول محل بعضها على سطوح الجذور لا تختلف عنها فى الغرويات فالهيدروجين أقواها ثم الباريوم ثم الكالسيوم ثم المغنسيوم ثم السيزيوم ثم الروبيديوم ثم الأمونيوم ثم البوتاسيوم ثم الليثيوم .

ومن دراسات Williams and Coleman وغيرهما لوحظ أن الجزء الفعال فى التبادل الكاتيونى من الجذر هو ١- ٢ مم من قمة الجذر النامية وكذا الشعيرات الجذرية .

ويرى ماتسون ومعاونوه .Mattson *et al* أن الجذور لها خواص الغرويات وتنافس حبيبات الطين فى الاحتفاظ بالكاتيونات . وأقترحوا أن نظام دونان Donnan system يحكم الامتصاص النسبى لكل من الكاتيونات الأحادية والثنائية . ويرون أن الجذور يمكن اعتبارها غرويات حامضية وأنها تعتبر الأنيون غير المنفذ فى نظام دونان وكلما زادت قوة الغروى أى كلما زادت السعة التبادلية للجذور كلما زاد إدمصاص الكاتيون الثنائى بالنسبة للكاتيون الأحادى فى

التركيزات الأيونية المنخفضة ، وبالعكس ففى حالة غروى ضعيف أى سعته التبادلية منخفضة فإن جذور النبات تدمص كاتيونات أحادية أكثر من الثنائية .

جدول (٧): السعة التبادلية الكاتيونية لجذور بعض النبات

النبات	السعة التبادلية الكاتيونية ملليمكافىء/١٠٠جم وزن جاف
أ- ذوات الفلقتين	
فول الصويا	٥٨,٩
البرسيم الحجازى (اتلانتيك)	٤٨,٠
البطاطس الايرلندى	٣٨,١
الطماطم	٣٤,٦
ب- ذوات الفلقة الواحدة	
الذرة الصفراء	٢٦,٠
الذرة السكرية	٢٢,٢
الشعير	١٢,٣
القمح	٩,٠

نقل عن: Drake *et al.*, 1951 .

وسبق أن أشرنا إلى أن Drake and Vengris قد أوضحا أن السعة التبادلية لجذور نباتات ذوات الفلقتين حوالى ضعف السعة التبادلية لجذور نباتات ذوات الفلقة الواحدة وأوضحا بناء على رأى ماتسون أن النجيليات ـ ذات فلقة واحدة ـ تنافس البقوليات ـ ذات الفلقتين فى الحصول على البوتاسيوم عند زراعتها معا عندما يكون البوتاسيوم منخفضا فى الأرض واوضح Gray أنه كلما زادت السعة التبادلية لجذور النباتات ذات الفلقة الواحدة قلت قدرتها على استخلاص البوتاسيوم وأصبحت بالتالى أكثر ملائمة للزراعة مع البقوليات .

ولما كان سطح الجذور مغطى بشحنات سالبة فان الأنيونات الموجودة فى الأرض تتنافر مع سطح الجذر كلما اقتربت منه وفى دراسة للجبلى وفيكلاندر El Gabaly & Wiklander أوضحا باستعمال راتنج Resin مشبع بالكلوريد أن جذور نبات الشعير تستطيع أن تمتص مقدارا من أنيون الكلوريد المدمص على سطح الراتنج أكثر مما تمتصه من المحلول المحيط بالراتنج عند الاتزان ، وأن المقدار الممتص من الكلوريد المدمص على سطح الراتنج يزيد عن المقدار الممتص من محلول كلوريد الكلسيوم فى حالة التركيزات العالية وهما يعللان ذلك بأن سطوح الجذور ذات شحنة سالبة وتحمل عليها كاتيونات ذات شحنة موجبة وأن الراتنج ذو سطح موجب الشحنة مغطى بأنيونات الكلوريد السالبة وعند تلامس هذه السطوح يحدث تداخل فى الطبقات المزدوجة المحيطة بكل منهما فيقل الجهد الكهربائى والشحنة الكهربائية فينطلق الكلوريد من سطح الراتنج والهيدروجين أو الكلسيوم من سطح الجذر ويستطيع الكلوريد أن يدخل الجذر دون مقاومة شديدة من السطح سالب الشحنة .

ويقترح Bartlet الطريقة الآتية لتقدير السعة التبادلية الكاتيونية والأنيونية للجذور وذلك بأن تغمر عينة الجذور فى محلول ٠.٢ أساسى من كلوريد الصوديوم ثم تغسل بالماء المقطر ثم تغمر مرة أخرى فى حامض نتريك أساسى مدة دقيقة واحدة ثم ترفع الجذور ويقدر الكلوريد والصوديوم اللذان طردهما حامض النتريك وتحسب السعة على أساس ١٠٠ جم من الجذور الجافة .

نظريات تفسير ظاهرة التبادل*

نظرية طبقات البللورة :

تعتمد النظرية على الرأي القائل بأن العناصر المكونة لطبقات البللورة توجد فى حالة أيونية فبللورة ملح كلوريد الصوديوم مثلا لا تحتوى جزيئات من ص كل، بل أيونات ص+ وأيونات كل¯ وكل أيون فى البللورة محاط بعدد ثابت من الأيونات المضادة فى الشحنة ويتحدد هذا العدد برقم الإحاطة ويتعرض لقوى جذب حسب قانون كولومب ويترتب على ذلك أن الأيونات الموجودة على سطح البللورة تتعرض لقوى جذب أقل من القوى التى تجذب الأيونات الداخلية وإذا وضعت هذه البللورة فى وسط قطبي Polar مثل الماء فإن قوى جذب الأيون السطحي إلى البللورة تقل لدرجة أن أيونا آخر من المحلول قد يحل محله أو قد يتحد هو مع أيون آخر بالمحلول .

وسهولة حلول أيون محل أيونات سطح البللورة يتوقف على العوامل الآتية :

١- القوى التى تربط أيونات البللورة .
٢- درجة تركيز أيونات المحلول .
٣- تكافوء الأيونات بالمحلول .
٤- حجم كل من الأيونين فى البللورة والمحلول .
٥- قدرة أيونات البللورة على التحرك .
٦- تأثيرات الإذابة .

---

* يرجع الى كتابنا " خصوبة الأراضى والتسميد " أو أى مرجع اخر فى علم الأراضى .

وقد أوضحت دراسات كثير من الباحثين أن أيونات طبقات البللورات يمكن تبادلها مباشرة مع أيونات المحلول غير أن بعض البللورات ذات البناء الكثيف لا يحدث فيها هذا التبادل إلا بعد تفتتها إلى حبيبات دقيقة مثل الفلسبارات والميكات .

وتبادل الأنيونات يحدث أيضاً فى طبقات البللورة مثلما يحدث تبادل الكاتيونات وفى بعض الحالات يحدثان معا فى بللورة واحدة ويطلق على المواد التى لها خاصية تبادل الكاتيونات والأيونات أسم Amphoteric exchangers ويتأثر مقدار الكاتيونات والأنيونات المتبادلة بالرقم الهيدروجيني فيزداد تبادل الكاتيونات بزيادة الرقم الهيدروجيني ويحدث العكس بالنسبة للأنيونات .

وتفاعلات التبادل بالنسبة للفوسفات لاقت من الباحثين اهتماما خاصا وقد درس تبادل بعض الأنيونات الأخرى مثل الكلوريد والكبريتات وغيرها ويتفق كثير من الباحثين أن آلية احتجاز الكلوريد والكبريتات تشبه ما يحدث بالنسبة للفوسفات فى الأراضى الحامضية وقد قدر توث Toth ما يحتجزه الطين بدون التخلص من أكاسيد الحديد وبعد التخلص من هذه الأكاسيد وقد أتضح من دراسته أن مقدار الكلوريد المدمص يزيد بانخفاض الرقم الهيدروجيني فى حالة الطين الذى لم يتخلص من أكاسيد الحديد أما عندما يعامل الطين للتخلص من هذه الأكاسيد فإن قدرة الطين تنخفض انخفاضا واضحا حتى فى حالة الرقم الهيدروجيني المنخفض وقد استنتج من ذلك أن الكلوريد يحل محل أنيون الهيدروكسيل المتحد مع أكاسيد الحديد - (أنظر الجدول الآتى) .

جدول (٨): ادمصاص الغرويات لأيون الكلورور

الغروى	كل- مضاف	أكسيد حديد		الرقم الهيدروجين		كل- مدمص	
	(يد كل + ن يدء أ يد)	موجود أصلا	بعد التخلص منه	أصلا	بعد المعاملة	قبل التخلص من الحديد	بعد التخلص من الحديد
	مليمكافئ/١٠٠جم	٪				مليمكافئ/١٠٠جم	
طين سيسل	٢٠,٠	--	--	٣,٧٠	٣,٧	٠,٣٢٠	٠,٠٠٠
	٢٠,٠	١٢,٣٢	١,٤٤	٢,٠٠	٢,١	٠,٤٨٠	٠,٠٠٠
	٢٠,٠	--	--	١,٨٠	١,٨	٠,٥٢٠	٠,٠٢٠

نقلا عن: (Toth . S.J. 1939, Soil Sci., 48: 385 and Overstreet & Dean, 1953) .

ودرس باربيير وشابان Barbier & Chabannes احتجاز أنيون الكبريتات في الأراضي ومن رأيهما أن :

١- الأراضي تحتجز الكبريتات بقوة تفوق احتجازها للكلوريد ولكنها تقل عن قوة إحتجاز الفوسفات .

٢- يعمل كاتيون الكلسيوم على احتجاز الكبريتات في صورة مستقلة عن ترسيب كا كب أء .

٣- تحتوى كثير من الأراضي على حوالي ١٠-٢٠مجم كبريت /١ كجم أرض في صورة مدمصة .

نظرية الطبقة المزدوجة :

عندما تتلامس أنبوبة من الزجاج مع الماء فإن سطح الأنبوبة الزجاجي يصبح سالبا بالنسبة إلى الماء ويفسر ذلك بأن سطح الزجاج يدمص Adsorbs أي تلتصق به مجموعة الهيدروكسيل من الماء فيصبح سالبا وحتى يتم التوازن تنجذب

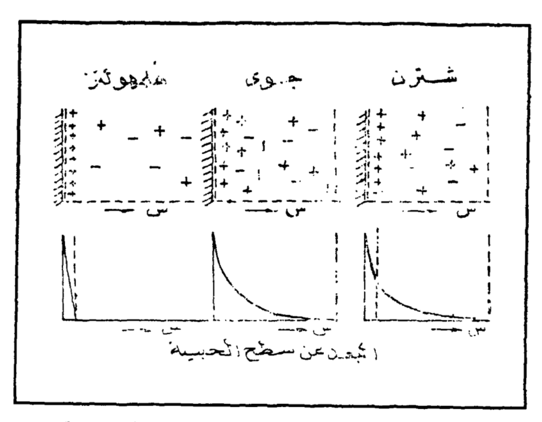
أيونات الهيدروجين إلى السطح فيتكون نتيجة لهذا الترتيب طبقة مزدوجة الشحنة السالبة التى تغطى سطح الزجاج والموجبة المجاورة لها مباشرة .

ومن هذه الظاهرة أقترح هلمهولتز Helmholtz سنة ١٨٧٩ النظرية المعروفة باسمه ومن رأيه أنه ولو أن كلا من الغشاء الصلب والمحلول المحيط به كان متعادلا كهربائيا فإن الغشاء مع ما يحيط به من محلول له جهد كهربائي ولذلك فقد أعتبر الغشاء محاطا بطبقة كهربانية مزدوجة أي مكونة من سطحين كهربانيين سطح داخلي ويكون سالبا أو موجبا حسب نوع الغشاء ونوع الوسط وسطح خارجي مساو للسطح الداخلي فى مقدار الشحنة ومضاد له فى نوعها سالبة أو موجبة وأن هذا السطح يتكون من طبقة سمكها جزئ واحد .

ويرى هلمهولتز Helmholtz أن السطح الداخلي أو الطبقة الداخلية ملتصقة مع الغشاء وتتوقف على الخواص الكيميائية والفيزيائية لسطحه بينما الطبقة الخارجية غير ثابتة وتتكون من مواد المحلول ويمكن توضيح قدرة الطبقة الخارجية على الحركة بتعريض النظام إلى قوة كهربائية فتتجه هذه الطبقة نحو القطب المضاد لنوع شحنتها بينما الطبقة الداخلية الملتصقة بالغشاء تظل ثابتة .

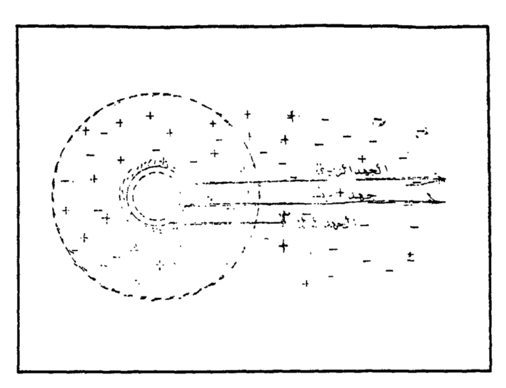
وفى سنة ١٩١٠ أدت دراسات كل من Gouy و Chapman منفصلين إلى أن تركيز الكاتيونات حول سطح الحبيبة يكون أعلى فى جوار السطح ثم ينقص دفعة واحدة بالابتعاد عنه ثم تدريجيا فى المحلول ويختلف هذا النظام عن الصورة التى يصفها Helmholtz فى أن الأيونات المجاورة للسطح الغروي لا تصطف فى صفحة واحدة سمكها جزئ واحد حول الغشاء (شكل ٤) .

وفى رأى Stern أن الطبقة المجاورة للسطح الغروي تتكون من قسمين الأول داخلي يتوقف سمكه على مقدار الأيونات التى تدمص مثل طبقة هلمهولتز أما الجزء الخارجي فيشبة الطبقة الخارجية فى نظام جوى وتشابمان .



شكل (٤): رسم توضيحي للأيونات والجهد فى الطبقة المزدوجة
. (Wiklander, 1965)

وشكل (٥) يمثل حبيبة غروية كروية الشكل ونلاحظ على السطح منطقة "منقطة " تمثل طبقة المحلول الملتصقة على سطح الحبيبة وتلتصق هذه الأيونات وتتراكم بشدة فلا يستطيع أكثر الأيونات الأخرى بالمحلول اختراقها إلى السطح الغروي ويطلق على السطح الخارجي لهذه الطبقة Shear Plane وكل الأيونات داخل هذه الطبقة تساهم فى الشحنة النهائية لسطح الغروي وجميع الأيونات الخارجية تكون جزءا من الجو الأيونى Ion Atmosphere ويوضح الرسم أيضا أنه يوجد ثلاثة مستويات من الجهد ذات أثر فى دراسة الخواص الكهربائية الحركية Electrokinetic لغرويات الأرض .



شكل (٥): رسم توضيحي لحبيبة غروية فى وسط يحتوى أيونات مبين به الجهود الثلاث للنظام الفردي .

١- **الجهد الكلى أو جهد نرنست Nurnest** : وهو فرق الجهد من سطح الغروي مباشرة حتى نقطة لا نهائية فى الوسط الغروي ويمكن تقدير هذا الجهد باستعمال الأجهزة الكهربائية وهو مقياس للتوازن بين شحنات سطح الغروي والبيئة الخارجية للنظام الغروي .

٢- **الجهد الكهربائي الحركي Electrokinetic Potential** : ويطلق عليه جهد زيتا نسبة إلى حرف "Z زيتا " اليوناني الذى يرمز له به عادة وهو الفرق بين جهد السطح الخارجي Shear plane وبين الجهد عند نقطة على مسافة لا نهائية فى المحلول الخارجي ولا يمكن قياسه مباشرة ولكن يمكن حسابه بتقدير سرعة حركة الغرويات فى مجال كهربائي من المعادلة الآتية :

$$\text{ز}\ \text{"Z"} = \frac{\text{٤ ط ل ف}}{\text{ث}}$$

حيث: ط النسبة التقريبية .

ل معامل اللزوجة .

ف الحركة الكهروفورية Electrophoretic تحت جهد ١ فولت/سم .

ث ثابت Dielectric constant

٣- **جهد الطبقة الثابتة Immovable** : وهو غير ثابت ولا يمكن قياسه مباشرة ولكن يمكن حسابه بأنه الفرق بين الجهد الكلى وجهد " زيتا " .

تفسير التبادل السطحي الأيونى على أساس نظرية الطبقة المزدوجة * :

لما كانت الأيونات الموجودة فى الطبقة الخارجية من الغروي تنتشر خلال المحلول للخارجي إذ لا يوجد حد قاطع بين الأيونات فى هذه الطبقة وبينها فى المحلول الخارجي وقد أشرنا إلى أن تركيز الأيونات الموجودة فى الطبقة الخارجية للغروي يتغير باستمرار معتمدا فى ذلك على تركيز المحلول الخارجي وكذا على الرقم الهيدروجيني لهذا المحلول (الرقم الهيدروجيني يدل على تركيز أيونات الهيدروجين) فإذا تغير تركيز المحلول الخارجي بإضافة أيون جديد فإن التوازن القديم يختل ونحصل على توازن جديد ينتج عن أن جزءا من الأيونات الجديدة تدخل الطبقة الخارجية للغروي آخذا محل بعض الأيونات التى كانت موجودة فى هذه الطبقة ويحدث هذا التبادل مكافئاً بمكافئ طبقا لقانون التعادل الكهربائي .

---

* يمكن الإطلاع على مزيد من البيانات عن هذا الموضوع في بعض مراجع علم الأراضى أو كتابنا " خصوبة الأراضى والتسميد " .

نظرية غشاء دونان Donnan Membrane Theory :

يعد تطبيق هذه النظرية فى تفسير التبادل الأيونى حالة خاصة من النظرية العامة لغشاء دونان .

تقضى نظرية غشاء دونان بأن توزيع الأيونات على جانبي الغشاء نصف المنفذ يكون غير متساوي فعلى أحد الجانبين يوجد ملح لا يستطيع أحد شقيه أن ينفذ خلال الغشاء الفاصل.

معادلات نظرية غشاء دونان :

١- أن تبادل الأيونات يستمر حتى تتساوى التركيزات النسبية للأيونات على الجانبين .

٢- تأثير التكافوء إذ يجب أن يزداد تركيز الكلسيوم فى المعادلة حتى يصبح الجذر التربيعي له مساويا لتركيز الصوديوم وعندئذ يكون النظام قد وصل إلى حالة الاتزان .

وعند تطبيق نظرية توازن الغشاء على ظاهرة التبادل فإن المعقد الغروي الذى يرتبط الأيون به يعتبر هو الأيون غير القادر على النفاذ فالواقع أنه لا يوجد غشاء فى حالة توازن التبادل الأيونى إلا أن خط التماس بين سطحي الطور الصلب والطور السائل يمكن اعتباره غشاء فحركة الأيونات المرتبطة بالغروي خارج خط التماس هذا محدودة .

ولا تتعارض نظرية الغشاء مع نظرية طبقة البللورة ولكنها تعطى تقديرا كميا للعلاقات التى تحكم تبادل الأيونات .

مصدر الشحنة السالبة بالطين :

تنتج هذه الشحنة من مصدرين :

- الإحلال المتماثل Isomorphous Substitution .
- انحلال مجموعة الهيدروكسل .

١- الإحلال المتماثل :

أوضحت الدراسات أن ذرات السيلكا فى رباعيات الأوجه السليكية (الرباعية) قد تستبدل بذرات أقل فى تكافؤها مثل الألومنيوم (الثلاثية) وكذا قد تستبدل ذرات من ألومنيوم ثمانيات الأوجه الاليومينيومية بأخرى ثنائية مثل المغنيسيوم والعجز الناتج عن هذا الاستبدال يسده جزئيا تغير فى داخل البللورة والباقي من العجز تعادله الكاتيونات المُدمصة . والشحنة السالبة الناتجة عن الإحلال المتماثل تكون أفضل توزيعا علي سطوح الحبيبات من تلك الناتجة عن انحلال مجموعة الهيدروكسيل التى تكون مركزة عند الأركان والحواف .

٢- انحلال مجموعة الهيدروكسيل :

ينفصل الهيدروجين من مجموعة الهيدروكسيل الموجودة على حواف البللورات وينطلق فى الماء المحيط بحبيبات الطين تاركا شحنة سالبة من الأوكسجين على سطح البللورة وقد أوضح Schofield أن الشحنة السالبة للطين تكون ثابتة بين رقمي الهيدروجيني ٢,٥-٥,٠ وتمثل هذه الشحنة الجهد الكهربائي المستديم للطين الناتج عن الإحلال وبارتفاع الرقم الهيدروجيني إلى ٦ ثم إلى ٧ يبدأ انحلال مجموعة الهيدروكسيل ويصبح عاملا واضحا وبذا تزيد الشحنة السالبة وبالتالي يحتاج إلى زيادة من الشحنات الموجبة أي تزداد السعة التبادلية الكاتيونية للطين .

والغالب أن مجموعة الهيدروكسيل التى تتسبب فى هذا الانحلال موجودة على حواف الصحائف المكونة من رباعيات الأوجه السليكية لأن ذرات الأوكسجين الخارجية لهذه الصحائف يمكنها أن تكون متصلة بذرة واحدة وليس بذرتين من السليكون وبذا تمسك كل منها بذرة هيدروجين أخرى لتعادل شحنتها الزائدة .

ويتضح من ذلك أن ادمصاص الكاتيونات على سطوح الطين يكون على مستويين :

أ) عند رقم هيدروجيني ٢,٥ – ٥,٠ يكون الادمصاص محدودا ويتوقف على معادلة الشحنة السالبة الناتجة عن الإحلال المتماثل .

ب) من رقم هيدروجيني ٦ إلى أعلى من ذلك يزداد ما يستطيع الطين ادمصاصه من الكاتيونات حتى يعادل الحموضة الناتجة عن انحلال الهيدروكسيل فمثلا من الجدول الآتي :

جدول (٩): أثر انحلال الهيدروكسيل على السعة التبادلية الكاتيونية .

نوع الطين	السعة التبادلية الكاتيونية بالملليمكافئ/ ١٠٠جم طين عند رقم هيدروجيني		الزيادة الناتجة عن انحلال الهيدروكسيل ملليمكافئ/١٠٠جم أرض
	٣,٥ – ٦	٧	
الكاؤلينيت	٤	١٠	٦
المونتموريللونيت	٩٥	١٠٠	٥

نقلا عن : (Russell, 1952)

يتضح من ذلك أن مقدار الهيدروجين القابل للانحلال بين رقمي الهيدروجين ٦ ، ٧ فى كل من الكاؤلينيت والمونتموريللونيت متقارب برغم الاختلاف الكبير بين الشحنة الدائمة لكل منهما .

وبالإضافة إلى هذين المصدرين الأساسيين فإن الشحنة السالبة قد تنتج أيضا من حامض الدباليك أو الفوسفوريك أو السلسيليك التى تكون جزءا مكملا من سطح الطين ومدى مساهمة هذا المصدر فى مد الأرض بشحنتها السلبية يختلف باختلاف تركيب الطين وحجم الحبيبات والمادة العضوية وحالتها .

تطور الأفكار التى تفسر آلية امتصاص النبات للعناصر المغذية :

ففى سنة ١٨٥١ اقترح Milder أن العناصر تنتشر Diffuse خلال أغشية النبات نتيجة لزيادة التركيز فى البيئة الخارجية عنه فى داخل النبات وأضاف أن الأملاح التى تدخل النبات بهذه الطريقة تكون مركبات خاصة وتضمن بذلك أن الضغط الاسموذى داخل النبات يظل أقل من الضغط الاسموذى فى الوسط الخارجي فتستمر عملية دخول الأملاح .

واقترح Traube سنة ١٨٦٧ أن أغشيه النبات تحتوى ثقوبا ذات اتساعات ثابتة تسمح لبعض الجزيئات بالمرور خلالها .

وأوضح Overton سنه ١٨٩٥ أهمية ذوبان الليبيد Lipid فى تحديد سرعة نقل المواد خلال أغشية الخلايا ورأى أن عملية " الأيض" (الميتابوليزم) Metabolism لابد أن يكون لها دور فى امتصاص الأملاح .

وفى سنه ١٩٠٠ أوضح Pfeffer أن الكائنات الحية لها القدرة على نقل الأملاح خلال الأغشية فى اتجاه معين ومن خلية إلى أخرى مع عدم وجود فرق (ممال) فى التركيز Concentration Gradient واقترح أن اتحادا كيميائيا مع مكونات الخلية قد يحدث فى هذه العملية وكانت هذه أول إشارة إلى فكرة الجزيئات الناقلة Carrier Molecules ولم يتحمس لهذا الرأي أحد ثم تحول الفكر إلى أن

الأيونات وليست الجزيئات هى التى تنتقل حيث أن (المواد) موجودة فى وسط مائي .

وفى سنه ١٩٠٩ أوضح كل من Meurer و Ruhland أن بعض أنسجة معزولة من النبات تمتص شقي الملح بدرجة غير متساوية ثم أوضح Pentanelli سنة ١٩١٥ ذلك أيضا فى حالة النبات الكامل وبذلت عدة محاولات لتفسير ذلك على أساس نظريات توازن دونان Donnan Equlibrium والأدمصاص Adsorption وتبادل الأيونات Ion Exchange وفى سنة ١٩٣٠ نشرت آراء Hoagland فى الولايات المتحدة الأمريكية ولوندجارد Lundgard فى السويد وستيوارد Steward فى إنجلترا بأن امتصاص النبات للعناصر يعتمد إلى حد كبير على عمليات الأيض Metabolism وأدى ذلك إلى الاعتقاد بأهمية دور التنفس وبذلت عدة محاولات لربط النظريات الطبيعية للانتشار والادمصاص وتبادل الأيونات مع الأيض .

بعد معرفة أن النبات (يتغذى) على أيونات عناصر معينة لا يستطع أن يتم دورة حياته بدونها أنتقل الباحثون إلى التعرف إلى كيف يتغذى النبات على هذه العناصر سواء الموجودة أصلا بالأرض أو المضافة إليها .

فى النظام الأرضى حيث يوجد القسم الصلب من الأرض والرواسب والمحلول الأرضى والهواء الأرضى وتذوب الرواسب فى المحلول الأرضى ويكون تركيزها فى المنطقة من المحلول الأرضى الملاصقة للرواسب وللطين أعلى من باقي المحلول الأرضى ويكون هذا التركيز أقل ما يمكن بعيداً عن سطوح حبيبات التربة أو سطوح الرواسب وقريباً من سطوح الشعيرات الجذرية ونتيجة للفرق بين التركيز العالي فى المنطقة الملاصقة لحبيبات التربة والرواسب

وبين التركيز المنخفض الملاصق للشعيرات الجذرية تنتشر الأيونات التى ذابت أو انفصلت من سطوح حبيبات الطين من التركيز العالي الملاصق لحبيبات الطين والرواسب إلى منطقة التركيز المنخفض الملاصق للشعيرات الجذرية ومع زيادة التركيز تنتقل أيونات الهيدروجين من سطوح الشعيرات الجذرية (الناتجة عن تنفس الجذور وتكوين حامض كربوتيك) وتتركز أيونات الهيدروجين ملاصقة للشعيرات الجذرية ثم تنتشر فى اتجاه حبيبات الطين والرواسب وبوصولها إلى هذه السطوح الصلبة تذيب مزيد من الأيونات أو تحل محلها على سطوح الطين ، وتتكرر عملية انتشار الأيونات المذابة نحو الشعيرات الجذرية وتبادلها مع الأيونات الموجودة على سطوح هذه الشعيرات وبزيادة تركيز هذه الأيونات يدخل بعضها من خلال ثغور فى الشعيرات الجذرية داخل أنسجة الجذر وتنقل مع عصارة النبات إلى باقي أجزاء النبات .

ويبرز هنا تساؤل وهو كيف تحل الأيونات المذابة والتى يزداد تركيزها فى المحلول الأرضى حول الشعيرات الجذرية محل الأيونات الملاصقة للشعيرات ؟ والإجابة على هذا التساؤل نجدها فى دراسات ينى Jenny (١٩٣٩) التى أشارت إلى أن جذور النباتات لها خواص تشبه خواص الغرويات فعند غمر جذور نباتات الشعير الحية فى محلول يحتوى روبيديوم مشع لفترات قصيرة لاحظ تزايد مقدار الروبيديوم الذى يمتصه النبات بزيادة الروبيديوم فى المحلول وأن هذه الزيادة تصل إلى نهايتها العظمى عندما تصبح السطوح الخارجية للجذور مشبعة بالروبيديوم وهو نفس ما يحدث عند ادمصاص الكاتيون على سطح الغروي ثم أوضح ينى Jenny أن الأيونات المحمولة على سطوح الجذور تتبادل تبادلا مباشرا مع الأيونات المحمولة على سطوح حبيبات الطين عند تلامس سطوح الجذور مع سطوح هذه الحبيبات وذلك تطبيقيا لرأيه فى تبادل الأيونات بالملامسة ١٨٤ و ١٨٩ Contact .

السعة التبادلية الكاتيونية للأرض Cation Exchange Capacity :

السعة التبادلية الكتيونية للأرض هى مقدار الكاتيونات بالملليمكافئ التى تشبع سطح ١٠٠جم من الأرض .

عندما تكون الكاتيونات المدمصة قواعد فلزية ولا يوجد هيدروجين مدمص على سطح الطين فإن هذه الأرض يطلق عليها مشبعة بالقواعد Saturated ويطلق على الأرض غير مشبعة Unsaturated إذا احتوت هيدروجين على سطوحها .

وتختلف السعة التبادلية الكاتيونية حسب عدد من العوامل :

١- لما كان العامل الفعال هو سطح الحبيبات فكلما زاد السطح الماص كلما زادت السعة التبادلية الكاتيونية وبالتالي فالحبيبات الدقيقة مثل الطين ذات سعة تبادلية كاتيونية أعلى من الحبيبات الخشنة مثل الرمل فالسعة التبادلية الكاتيونية لحبيبات السلت ذات القطر ٥-٢٠ ميكرون حوالي ٣ ملليمكافئ ١٠٠جم بينما لحبيبات الطين ذات قطر ٠,٥-١,٠ ميكرون تصل إلى ٣٥ ملليمكافئ لكل ١٠٠جم .

٢- وتختلف معادن الطين بعضها عن بعض وأحد أوجه هذا الخلاف ينعكس على السعة التبادلية الكاتيونية .

فالمونتموريللونايت يدمص حوالي ١٠٠ملليمكافئ/١٠٠جم .

والإلايت يدمص حوالي ٣٠ ملليمكافئ /١٠٠جم .

والكاؤلينيت يدمص حوالي ١٠ ملليمكافئ/١٠٠جم .

٣- وتساهم المادة العضوية بالأرض بنصيب كبير فى السعة التبادلية الكاتيونية ، وقد قدرت السعة التبادلية الكاتيونية للبيت peat فكانت حوالي ١٥٤ ملليمكافئ/١٠٠جم وللجنبين ١٦١ ملليمكافئ/١٠٠جم وللسيميسيليلوز Semicellulose ٣٨٥ ملليمكافئ/١٠٠جم .

الأهمية التطبيقية لتبادل الكاتيونات فى الأراضى :

١- الأرض ذات السعة التبادلية الكاتيونية العالية تحتوى عادة عناصر مغذية بكميات وفيرة وفى صورة صالحة لتغذية النبات لأن النبات يستطيع الاستفادة من الكاتيونات المتبادلة .

٢- السعة التبادلية الكاتيونية العالية تدل على احتواء الأرض على نسبة عالية من الحبيبات الدقيقة .

٣- عندما تضاف الكاتيونات فى صورة أسمدة إلى الأرض ذات السعة التبادلية الكاتيونية العالية فإنها لا تغسل مع ماء الصرف بل يحتفظ بها على سطوح الحبيبات فى صورة صالحة لتغذية النبات وأوضح مثال لذلك هو الأسمدة النشادرية والبوتاسية .

٤- تتأثر صفات الأرض كثيراً بنوع الكاتيون الذى له السيادة على سطوح الحبيبات ، فإذا كان هذا الكاتيون هو الهيدروجين أعتبرت الأرض حامضية وأكتسبت صفات معينة تقتضي معالجتها وذلك بإضافة كربونات الكلسيوم إليها.

وإذا كان هذا الكاتيون هو الصوديوم أعتبرت الأرض قلوية ووجبت معالجة الأرض بالجبس لإحلال الكلسيوم محل الصوديوم .

٥- عمليات الاستصلاح التى أشرنا إليها فى النقطة السابقة هى عمليات تبادل يقصد بها التحكم فى نوع ونسبة الكاتيونات على سطوح الحبيبات .

٦- إضافة المواد العضوية والغرين إلى الأراضى الرملية كما تؤثر فى تحسين خواص حفظ الأرض للماء فإنها تزيد سعة الأرض التبادلية الكاتيونية وبالتالي تصبح أكثر خصوبة مما كانت قبل الإضافة .

جدول (١٠): السعة التبادلية الكاتيونية لعينات من الأراضى المصرية مختلفة القوام

الجهة المأخوذ منها العينة	القـــوام	السعة التبادلية الكاتيونية مليمكافئ/١٠٠جم أرض
الإسكندرية	طينية خفيفة	٣٧,٨
دمنهور	طينية خفيفة	٣٤,٨
كفر خضر	طينية	٤٠,١
دنشال	طينية	٤٠,٢
رفح	طميية خفيفة (جيرية)	١٥,٤
الساحل الشمالي الغربي	طميية خفيفة (جيرية)	١٥,٥
التحرير - قطاع جنوبي	رملية	٨,٩
الحمام	رملية	٨,٩
جناكليس	رملية	٣,٨

أين تحمل الكاتيونات المدمصة :

أوضحت الدراسات أن الكاتيونات المدمصة تحمل إما على الحواف المكسورة لبللورة الطين فى حالة مجموعة طين الكاؤبنايت التى لا تنفرج طبقاتها أما فى حالة مجموعة المونتمور بللونايت التى تنفرج طبقات بللوراتها فإن الكاتيونات تستطيع أن تنفذ بين هذه الطبقات ولذلك فالغالبية من الكاتيونات المدمصة حوالي ٨٠٪ من السعة التبادلية الكاتيونية تحمل بين صفائح الطين .

وقد أستخدم جيزيكنج Gieseking البروسين Brucine والبيتا نافتيل أمين B-Naphthylamine لدراسة المكان الذى تحمل فيه الكاتيونات أو الجزيئات المدمصة فلاحظ أن البعد الرأسي الذى يمثل سمك طبقة من طبقات بللورة الطين المتراصة فوق بعضها يزداد بادمصاص الكاتيونات أو الجزيئات ، ولو أن جزئ البروسين أصغر من جزيئ البيتانافتيل أمين إلا أن حجم البروسين المتمئ كبير

ولذلك فالانتفـاخ نتيجـة ادمصاصـه يكـون أكـبر ويـزداد البعـد الرأسـي الـذى يقـدر باستعمال الأشعة السينية أكثر مما يحدث فى حالة ادمصاص البيتانافتيل أمين .وهو يـرى أن البعـد الرأسـي يتوقـف علـى التميـوء Hydration وتوجيـه الجـزئ Orientation وميلـه إلـى التراكم Tendency for Packing والتشـوه نتيجـة الضـغط Deformation .

وقد أوضح Cieseking أيضاً أن بعض هذه الجزيئات التى تدخل بين طبقات بللورة الطين لا يمكن استخلاصها بالكلسيوم أو حتى بالهيدروجين رغم قدرته على طرد جميع الكاتيونات فى حالة وجودها على السطوح الخارجية كما أوضح أن المونتموريللونايت المشبع بالأمونيوم لا ينتفخ بالمـاء لأن الأمونيـوم قد شـغل فعلا المكـان بيـن طبقـات الطيـن الـذى يحتلـه مـاء الانتفـاخ عـادة وبـذا فـالطين المشـبع بالأمونيوم لا يزيد فيه البعد الرأسي بإضافة الماء إليه .

التعبير الرياضي عن التبادل الأيونى فى الأرض :

بذلت عدة محـاولات منـذ وقـت طويـل للتعبير رياضيـا عن التبـادل الأيونـى خصوصا فى حالة الكاتيونات .

وأختلف الأساسي لهذه المعادلات :

أ – معادلات تعبر عن التأثير السطحي Surface action .

ب– معادلات كيميائية مثل قانون تأثير الكتلة Mass action law .

ج– معادلات باستعمال نظرية الحركيات Kinetic theory .

د– فروض رياضة مستقلة ينتج عنها معادلات خاصة .

تراكم الأملاح فى خلايا النبات Salt accumulation :

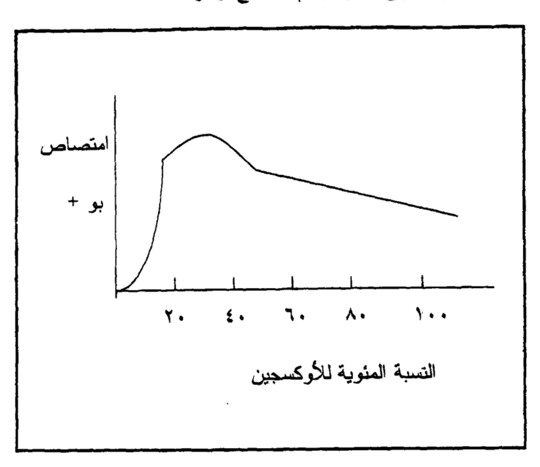
يقصد بالتراكم هنا تجمع الأيونات فى الخلايا فتتجه الأيونات نحو خلايا الجذور ولا تعود مرة أخرى إلى المحلول المحيط بهذه الجذور ويؤدى ذلك إلى إرتفاع تركيز الأيونات فى العصارة الخلوية بالجذور إلى درجة تفوق تركيزها فى البيئة المحيطة بالجذر .

ويحدث التركم فى هذه الحالة بإنتقال الأيونات عكس إتجاه ممال – منحنى التركيز Concentration gradient وإنتقال الأيونات بالإنتشار Diffusion يحدث ما دام هناك فرق فى التركيز ويتوقف عندما يتساوى تركيز المحلول المحيط بالجذر مع تركيز الأيونات على سطح الجذر أو فى العصارة الخلوية فتراكم Accumulation الأيونات يقتضى أن يتم بواسطة آلية Mechnism أخرى ويمكن لتوازن دونان Donnan equilibrium وعملية التبادل أن تؤديا إلى تراكم الأيونات فى الخلية ولكن المعتقد أن هناك آلية أخرى مع العمليتين المشار إليهما تعمل على تجميع الأيونات داخل الخلية .

وتحتاج عملية التراكم إلى طاقة ليزداد تركيز الأيونات فى الخلايا بصفة مستمرة وتمنع عودة الأيونات إلى الوسط الخارجى والمصدر الذى يمد النبات بهذه الطاقة هو عملية التنفس .

كان Lundgardh & Burstrom من أول من لاحظ أن زيادة تركيز الأملاح على سطوح الجذور التى تتنفس فى الماء يصحبها زيادة فى إمتصاص الأكسيجين وإخراج ثانى أكسيد الكربون ولذلك فقد سمى هذا التنفس بتنفس الأنيونات أو تنفس الأملاح Anion or Salt-respiration وأوضح Hoagland and Broyer أن إمرار تيار من الأكسيجين فى محاليل مخففة غمرت بها جذور شعير مفصولة

يؤدى إلى تراكم الأملاح داخل خلايا الجذور بينما إمرار تيار من النيتروجين بـدلا من الأكسيجين يؤدى إلى نقص تراكم الأملاح أو توقفه .



شكل (٦): أثر النسبة المئوية للأكسيجين على إمتصاص البوتاسيوم
نقلاً عن: (Hoagland and Broyer - Babcock)

ويرتبط تركم الأملاح مع عملية الأيض Metabolism فى الخلية فالتنفس يؤدى إلى إنطلاق الهيدروجين من الكربوهيدرات وينتقل هذا الهيدروجين ليتحد مع أوكسيجين الجو مكوناً ماء ويتم هذا الإنتقال بواسطة مجموعة من المواد يطلق عليها سينوكرومات Cytochromes ويساعد فى هذه العملية إنزيم أوكسيديز السيتوكروم Cytochrome oxidase ويرى لندجارد أن العامل المساعد فى حالة تنفس الأملاح مركب يحتوى الحديد - الهمين Hemin بينما يكون فى حالة التنفس العادى أو التنفس الأرضى Ground respiration إنزيم آخر .

جدول (١١) :

الأيـون	ملليمول / لتر	
	مــاء مستنقع	عصارة النبات (الألجى)
صوديوم	٠,٢١٧	١٠,٠
بوتاسيوم	٠,٠٥١	٥٤,٣
كلسيوم	٠,٧٧١	١٠,٢
مغنسيوم	١,٦٩٠	١٧,٧
كبريتات	٠,٣٢٣	٨,٣
كلورور	٠,٩٠٣	٩٠,٨

من دراسات Hoagland نقلاً عن بابكوك Babcock .

ويفسر Lundgardh تجمع الكاتيونات داخل خلايا الجذر على أساس إنطـلاق الهيدروجين فتتبادل معه الكاتيونات التى أدمصت على سطح الجذر فى طريقه مـن داخل الخلية إلـى خارجهـا ويفسـر تجمـع الأنيونـات علـى أسـاس أن الحديـد يتغير تكافؤه من الثنائى إلى الثلاثى فيفقـد إلكـترون ويرتبـط بـأنيون بـدلاً مـن الإلكـترون المفقـود وأنـه يوجـد موجـات مـن الإلكترونـات مـن الداخـل إلـى الخـارج وبالتـالى تستطيع الأنيونات أن تنتقل فى الإتجاه المضاد من الخارج إلى الداخل .

وعندمـا تصـل الأنيونـات إلـى الداخــل تنفصــل السـيتوكرومات وتتحـد مـع الكاتيونات فى الفجوة العصارية بالخلية .

من دراسات هوجلاند وبروير Hoagland & Broyer يتضح الآتى :

١- أن القيام بعملية الأيض Metabolism ضرورى لعملية تراكم الأيونات .

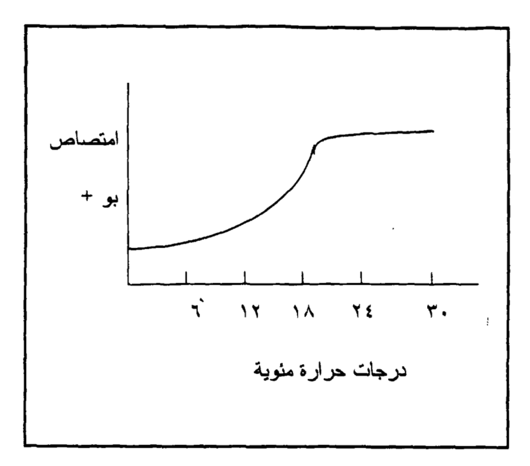
٢- يزيد تراكم الأيونـات بزيـادة نشـاط عمليـة الأيـض وبـذا تزيـد عمليـة الـتراكم بزيادة الأكسيجين حول الجذور حتـى تصـل إلـى نهايـة عظمـى عندمـا تكـون نسبة الأكسيجين مطابقة لنسبته فى الهواء الجوى وكـذا يزيـد الـتراكم بإرتفـاع درجة الحرارة حتى ٤٠°م .

٣- يختلف معدل إمتصاص الأيونات عن بعضها كل الإختلاف وقد قسم هوجلاند وبروير الأيونات الآتية إلى قسمين :

جدول (١٢) :

أيونات سريعة الإمتصاص	أيونات بطيئة الإمتصاص
البوتاسيوم	الصوديوم
الروبيديوم	الكلسيوم
الألومنيوم	المغنسيوم
النترات	الفوسفات ثنائية الهيدروجين
الكلورور	الكبريتات
البرومور	البيكربونات

٤- يتـأثر معـدل امتصـاص الأيـون بنـوع الأيونـات الموجـودة فـى البيئـة فبعـض الأيونات لها تأثير يعطـل امتصـاص الأيـون فمثـلا اضافـة أيـون أحـادى مثـل الصوديوم يعطل امتصاص البوتاسيوم بينما إضافة أيون ذى تكـافؤ عـال مثـل الكلسيوم قد ينشط امتصاص البوتاسيوم ويطلق على التـأثير الأول أنـه تنـافس بينما يطلق على الثانى أنه تنشيط Stimulation .



شكل (٧): أثر ارتفاع درجة الحرارة على امتصاص البوتاسيوم
(نقلا عن: Hoagland and Broyer (Babcock

البناء الضوئي :

يعتبر البناء الضوئي أي بناء الكربوهيدرات في أوراق النبات عند تواجد الضوء من الناحية الكيميائية تفاعل تأكسد واختزال بين ثاني أوكسيد الكربون والماء فيختزل ثاني أكسيد الكربون ويتأكسد الماء نتيجة انتقال الهيدروجين من الماء إلى ثاني أكسيد الكربون .

ولما كان محتوى الطاقة للنواتج أكبر من محتوى المواد الأصلية الداخلة في التفاعل فمن الضروري الحصول على الطاقة من مصدر خارجي وهذا المصدر الخارجي هو الضوء فالعملية في جوهرها اختزال ضوئي لثاني أكسيد الكربون

وعملية البناء الضوئى عملية معقدة لا تزال معرفتنا لبعض آلياتها محدودة وقد يمكن فهم عملية البناء الضوئى من معرفتنا بالآتى :

أ) تركيب البلاستيدات الخضراء والخواص الفيزيائية والكيميائية لأصباغ هذه البلاستيدات وكذا نواتج البناء الضوئى .

دور أصباغ البلاستيدات الخضراء :

هذه الأصباغ تهم جميع الكلوررفيلات فى البناء الضوئى بطرق متماثلة بشكل عام ويبدو أن دورها موزع فهى تمتص أطوالاً موجبة معينة من الطاقة الإشعاعية ثم تحول هذه الطاقة إلى أطوال موجبة أخرى لتستعمل فى البناء الضوئى أو تنقل الطاقة الممتصة مباشرة إلى مركبات يتضمنها التفاعل وتقوم بوظيفة العامل المساعد فى طور ما أو فى بعض أطوار من عملية البناء الضوئى وأول هذين الدورين هو أكثر وضوحا لأن لا ثانى أكسيد الكربون ولا الماء يمتص طاقة إشعاعية فى المجال المرئى فلا بد إذن من زيادة حساسية التفاعل بواسطة الصبغة .

أما الدور الآخر للكلوروفيلات فهو دور حافزى (عامل مساعد) فلا يشاهد أى تغيير فى المحتوى الكلورفيلى للأوراق أثناء فترة البناء الضوئى ويكون نسبة كلوروفيل " أ " إلى كلوروفيل "ب" بعد فترة بناء ضوئى نشط هى نفسها تماماً قبله ويدل ذلك على أنه لا يحدث أى تلف أو تحول دائم للكلوروفيل أثناء العملية ويظهر ذلك بطريق غير مباشر الرأى القائل بأن أحد أدوار الكلوروفيل فى البناء الضوئى دور عامل مساعد .

ووجود أصباغ الكاروتين فى البلاستيدات الخضراء يوحى باسهامها فى البناء الضوئى ولو أن ذلك لم يؤكد بعد فبينما قد تساعد أصباغ أخرى الكلوروفيل بما

يمتصه من ضوء في آلية البناء الضوئي لبعض الأنواع على الأقل إلا أنه لا يمكن أن تعوض الكلوروفيل في دوره كعامل مساعد إذ لم يوجد بناء ضوئي يتم في خلية لا تحتوي واحدا على الأقل من الكلوروفيلات .

ب) لم يمكن حدوث بناء ضوئي معزول عن الخلايا فالعملية تحدث كاملة فقط في خلايا صحيحة محتوية على كلوروفيل مما يدل على أن من الضروري لحدوث البناء الضوئي من وجود مكونات أخرى في الجهاز الخلوي الحي إلى جانب الكلوروفيل أو الكلوروبلاستيدات .

ويعتقد أن عدداً من الانزيمات يقوم بدور في البناء الضوئي ولو أنه يعزل أي إنزيم معروف أنه يساهم في العملية ومما يشير إلى دور الانزيمات هو المسلك الحراري للبناء الضوئي وتأثير مركبات كيميائية معينة على العملية .

قد تمتص خلايا الأوراق والأعضاء النباتية الأخرى ثاني أكسيد الكربون وتراكمه بكميات كبيرة وهذه عملية مستقلة عن البناء الضوئي وهي تمهيد لمشاركته الفعلية في العملية وتستطيع الأوراق الخضراء أن تمتص قدراً من ك أ$_2$ يزيد كثيرا عن ما يمكن تفسيره بالذوبان البسيط في العصير الخلوي وهذه العملية عكسية ولا ترتبط بوجود الكلوروفيل أو بحدوث البناء الضوئي نظر لحدوثها بدرجة مماثلة تقريباً في الأعضاء غير الخضراء وفي الظلام وقد أتضح أن ثلاث وسائل على الأقل تعمل على تراكم ك أ$_2$ في أوراق عباد الشمس وهي :

١- الذوبان في العصير الخلوي .
٢- التفاعل مع معوقات الذوبان مثل الفوسفات .
٣- التفاعل مع كربونات غير مائلة للذوبان (قد تكون كربونات الكلسيوم) .

الكلوروفيل :

يوجد فى المملكة النباتية عدد من أنواع الكلوروفيل من بينها كلوروفيل " أ " شائع الإنتشار فى جميع الكائنات التى تستخدم الضوء فى بناء الكربوهيدرات عدا البكتريا الخضراء والأرجوانية.

ويوجد كلوروفيل " ب " فى جميع النباتات الراقية والطحالب الخضراء ولكن لا يوجد فى معظم الطحالب الأخرى .

ويوجد كلوروفيل " جـ " فى الطحالب البنية والدياتومات التى لا تحتوى على كلوروفيل " ب " كما تحتوى الطحالب الحمراء على كلوروفيل " د " ولكنها لا تحتوى على كلوروفيل " ب " .

ويوجد نوع آخر من الكلوروفيل فى البكتريا الأرجوانية يسمى كلوروفيل البكتريا . وتحتوى البكتريا الخضراء على صبغة تبدو مشابهة تسمى بكتريوفيريدين وتتشابه جميع هذه الكلوروفيلات فى تركيبها الكيميائى وتحتوى جميعها على المغنسيوم .

وكلوروفيل أ ، ب هو الكلورفيل المميز للنباتات الراقية ولا يذوب فى الماء ولكنهما يذوبان فى عدد من المذيبات العضوية .

ويذوب كلوروفيل " أ " فى كحول الايثايل والأثير الايثيلى والأسيتون والكلوروفورم وثانى أكسيد الكربون . وكلوروفيل " ب " يذوب فى نفس المذيبات ولكن بدرجة أقل ومحلول كلوروفيل " أ " أخضر مزرق ولكنه أزرق فى الحالة الصلبة أما كلوروفيل " ب " فأخضر وأخضر مسود فى الحالة الصلبة .

ومحلول كلوروفيل " أ " فى كحول الأيثيل ذو وهج أحمر يكون شديد الوضوح عند رؤية المحلول فى ضوء منعكس وللمحاليل المشابهة من كلوروفيل "ب" وهج أحمر بنى عند إحراق الكلوروفيل النقى يتخلف رماد يتكون من أكسيد المغنسيوم فهو بالرغم من أن الحديد ومعادن أخرى تعتبر ضرورية لتكوين الكلوروفيل فى الخلايا الحية غير أن المغنسيوم هو المكون الوحيد لجزئ الكلوروفيل .

وتتكون نواة جزيئ كلوروفيل " أ " من تركيب حلقي معقد يتركب أساساً من أربع حلقات يتصل بعضهما ببعض بمجموعات ذريه وسطية وتحمل كل حلقة منها سلاسل جانبية أهمها (ك٢ يد٣٩ أ⁻) والتى تعطى الفينول عند تحلله سيا .

والضوء ضرورى فى تكوين الكلوروفيل فى النباتات مغطاة البذور أما فى الطحالب والجزاريات والسرخسيات والمخروطيات فبناء الكلوروفيل يمكن أن يتم فى الضوء أو الظلام على حد سواء ولو أنه يكون قليلا فى الظلام ولا تستطيع البادرات فى الظلام أن تكون كلوروفيل فى غياب الأوكسجين حتى ولو أضيئت فى ظروف أخرى تناسب تكوين الكلوروفيل.

فالأكسيجين ضرورى فى سلسلة التفاعلات التى تؤدى إلى بدء الكلوروفيل كما لا يستطيع البادرات إذا أخليت من الكربوهيدرات الذائبة أن تخضر حتى ولو كانت جميع الظروف الأخرى مناسبة لبناء الكلوروفيل .

ويدخل النيتروجين فى تركيب جزىء الكلوروفيل ولذا فإن فشل تكون الكلوروفيل يعتبر عرضا مألوفا لنقص النيتروجين ومثل النيتروجين يكون المغنسيوم جزءا من جزيئات الكلوروفيل ولذا يؤدى نقص المغنسيوم إلى تكون بقع صفراء مميزة فى الأوراق الأكبر سناً .

ولا تستطيع النباتات الخضراء أن تبنى الكلوروفيل بدون تواجد الحديد وأن يكون ميسوراً أما إذا لم يكن موجودا فالأوراق تفقد لونها (تبيض) أو يصفر لونها فالحديد لازم لتكوين جزئ الكلوروفيل رغم أنه لا يدخل فى تركيبه . كما يسبب غياب المنجنيز أو النحاس أو الزنك اصفراراً فى النباتات ويبدو أن هذه العناصر تلعب أدوارا غير مباشرة فى بناء الكلوروفيل .

ويمكن للكلوروفيل أن يتكون فى مدى واسع من درجات الحرارة فنباتات القمح الشاحبة يمكنها أن تكون الكلوروفيل فى درجات حرارة من ٣ و ٤٨°م غير أن تكونه يكون أسرع فى درجتى ٢٦ ، ٣٠ °م ويختلف ذلك حسب نوع النبات .

ولا يؤدى جفاف أنسجة الورقة إلى تعطيل بناء الكلوروفيل مقابل أنه يؤدى إلى سرعة إنحلال الكلوروفيل الذى سبق أن تكون .

ويصف فريد وشابيرو (١٩٦١) دخول الأيونات فى الجذور بأنها عملية سلبية Passive وعملية إيجابية Active .

الدخول السلبى Passive Entry :

تتخيل هذه النظرية أن المحلول الأرضى يمتد إلى داخل الجذور فيما يسمى المسافات الخالية Frees Space وهناك بعض الدلالات على وجود هذه المسافات فى المواد الحيوية Biological ولكن هذه الدلالات ليست قاطعة بأن المسافات فى الجذور الحية للنبات تكفى مرور كل الكاتيونات والأنيونات من المحلول الأرضى إلى داخل النبات وإليه ومن رأى فريد وشابيرو أنه إذا كانت المسافات الخالية موجودة فى النباتات فإنه لا يبدو أن لها تأثيراً على تركيز الأيون فى جوار الجذور .

الدخول الأيجابى للأيونات Active Entry :

يذكر فريد وشابيرو أن Van der Honert يوضح عملية دخول الأيونات دخولا إيجابيا بالفوسفات التى تدمص على الطبقة السطحية لبروتوبلازم خلايا الجذور ثم تحمل على ما يشبه حزام دائم الدوارن فتنتقل من السطح إلى الداخل ويعود خاليا من جديد لينقل حمولة جديدة ويريان أن الدخول الأيجابى يؤدى إلى تجمع أو تراكم الأيونات داخل خلايا الجذر ويعبر Hagen and Epstein عن عملية التجمع كما يأتى :

$$\text{أ} + \text{ر} \underset{\text{ك}^{-1}}{\overset{\text{ك}^{1}}{\leftrightarrow}} \text{أ ر} \qquad (١)$$

$$\text{ثم} \quad \text{أ ر} \leftrightarrow \text{أ (متجع)} + \text{ر} \qquad (٢)$$

حيث أ الأيون و ر الناقل Cärrier الذى يحتوى مكانا يربط فيه الأيون و أ ر مركب متوسط يدخل فى عملية إيجابية Active ينتج عنها عبور الأيون .

وتوضح المعادلة (١) حدوث تشبع جزنى لأماكن الربط بينما المعادلة (٢) تقتضى حدوث أيض Metabolism فى الخطوة الأيجابية نحو التجمع وتعتبر عاملا محددا له .

الماء الأرضى :

يؤدى الماء أثناء وجوده بالأرض دوراً حيوياً فى حياة النبات دفع كثيرين من المشتغلين بعلوم الأراضى والنبات إلى دراسته دراسة مستفيضة * ونوجز فيما يلى بعض خواص الماء الأرضى :

---

* يستطيع القارىء الإطلاع على مزيد من المعلومات عن هذا الموضوع فى عدد غير قليل من المؤلفات فى هذا الفرع من علوم الأراضى .

يقسم هذا الماء إلى عدد من الأقسام حسب الأساس المتخذ فى تقسيمه فبإتخاذ مقدار الماء الذى يفقد من الأرض على درجات حرارة مختلفة أساسا للتقسيم فإن الماء الأرضى ينقسم إلى :

١- ماء يفقد من الأرض على درجات حرارة منخفضة ويشمل :

- الماء الموجود فى المسام البينية فى الأرض .
- ماء الانتفاخ الذى يفقد فى بعض الحالات على درجات حرارة منخفضة .
- تفقد انواع من الطين مثل السيبيولايت sipulite والاتابولجايت attopulgite ماءها على د، حة حرارة منخفضة .

ويتميز النوع الأول من هذه الأنواع بأنه لا يحتاج إلا إلى ارتفاع قليل فى درجة الحرارة حتى تبدأ الأرض فى فقده أما النوعان الآخران فيحتاجان إلى حرارة أعلى نوعاً.

٢- ماء يفقد من الأرض على درجات حرارة عالية يشمل :

- الماء الممتص الذى يفقد على درجة حرارة ١٠٥°م دون أى تحلل فى مركبات الأرض نفسها.
- الماء الذى تحتفظ به الأرض بين رقائق الطين أى ماء الانتفاخ ويفقد على درجات حرارة تتراوح بين ١٣٠ ـ ٢٠٠°م .

ماء التبلور :

يدخل هذا الماء فى تركيب بللورات الطين ويتطلب درجات حرارة أعلى من النوع السابق يتوقف على نوع الطين نفسه ففى طين الكاؤلينيت تكون هذه الدرجة ٦٠٠°م بينما فى طين المونتموريللونايت تكون درجة الحرارة ٧٠٠ – ٨٠٠°م .

وقسم بيوكوس Boyoucus الماء الأرضى على أساس صلاحيته للنبات إلى الأقسام الآتية :

١- ماء الجاذبية :

الذى تفقده الأرض تحت قوة الجاذبية الأرضية وهو زائد عن حاجة النبات super available .

٢- الماء الحر :

وهو الجزء من الماء الذى تحتفظ به الأرض ضد الجاذبية الأرضية ولكنه لا يكون متحداً بالأرض إتحاداً كيميائياً أو مرتبطاً بها بقوى تجعله غير حر . وهذا الماء صالح لإستعمال النبات (ميسور للنبات) ويتجمد عادة على درجة حرارة ١,٥°م .

٣- الماء غير الحر :

وهو الماء الشعرى ويكون مرتبطا بالأرض بقوى كهروستاتيكية أو شعرية Electrostatic or capillary أو يكون متحداً ببعض مركبات الأرض اتحادا كيميائيا . ويتميز بخواص تختلف عن خواص الماء الحر . وهذا الجزء من الماء غير ميسور للنبات (لا يستطيع النبات إمتصاصه) .

ودرست القوى التى تؤدى إلى تقييد الماء وتحويله إلى الحالة غير الحرة bound وأوضح Rose و Buehrer أن جزيئات الماء يمكن أن ترتبط بجزيئات الغرويات بقوى الجذب الكهروستاتيكية لهذه الجزيئات أو الأيونات والالكتروليتات أو الكاتيونات المتبادلة الموجودة على سطوح الطين ويفسر Terzaki وآخرون ذلك بأنه لما كانت لجزيئات الماء خاصية القطبية * فأنها تتخلل حبيبات الطين التى

* يمكن الإطلاع على مزيد من المعلومات عن الماء وتركيبه وخواصه فى كتابنا " الماء ... مازق ومواجهات " .

تحمل عادة شحنات سالبة على سطوحها ولذا فالطرف الموجب من جزئ الماء يرتبط مع السطح السالب لحبيبة الطين ويتجه الطرف السالب للماء إلى الخارج فيرتبط بهذا الطرف السالب طرف موجب لجزئ آخر من الماء وهكذا .

٤- التعجن Puddling :

يجبر جزيئات الماء على دخول المسام الصغرى Micropores التى تتكون نتيجة لهذه العملية وتؤدى هذه العملية إلى تقريب حبيبات الطين بعضها من بعض وتطرد الهواء من المسافات البيئية .

قد توجد جزيئات الماء على هيئة غشاء رقيق بين جزيئات الأرض التى تترسب فى اتجاه واحد نتيجة لعملية التعجن كما اقترح بريزيل وماكجورج أن الماء يدخل بين رقائق بللورة الطين من مجموعة المونتموريللونايت .

وتقلل قوى جذب جزيئات الماء نشاط الماء كمذيب وكذا تغير خواصه كسائل ذى قطبين dipolar وسمك الماء المدمص المرتبط بسطوح الطين يتراوح بين ٢٥-٤٠ انجستروم هو ما يساوى نحو ١٠ أو ١٥ جزيئ من الماء وقدر جريم وكوثبرت Gripm & cuthbert أن السمك حوالى ٣ جزيئات من الماء فى حالة طين المونتموريللونايت الصودى بينما فى المونتموريللونايت الكلسى كان هذا السمك ٧ جزيئات من الماء .

وقسم الماء الأرضى أيضاً إلى :

أ – السعة الحقلية :

يمكن الحصول على تقديرات لهذا الماء باتباع طرق معالجة بسيطة نسبيا تجفف التربة فى الهواء وتوضع فى إسطوانه زجاجية بحيث تملؤها تقريبا ثم

تصب كمية قليلة من الماء على الطرف العلوى لعمود الأرض الموجود فى الأسطوانة وتسد الأسطوانة بسداد يمنع التبخير منها فيتحرك الماء ببطء إلى أسفل العمود الأرضى وبعد يومين أو ثلاثه تتوقف حركة الماء إلى أسفل فيقدر محتوى الأرض من الماء فى الجزء العلوى المبتل بالطريقة العادية .

ب- المكافئ الرطوبى :

يعرف بأنه النسبة المئوية لمحتوى الأرض من الماء الذى تحتفظ به ضد قوة شد تبلغ ١٠٠٠ مرة قدر قوة الجاذبية الأرضية ويمكن تقديرها بوضع عينة من التربة فى كؤوس ذات قاع مثقوب (صممت لذلك) ثم توضع فى جهاز الطرد المركزى لمدة تبلغ نحو ١ ساعة وتطرد هذه القوة كل الماء الذى لا يرتبط بحبيبات التربة برباط قوى ويقدر محتوى الرطوبة الذى إحتفظت به الأرض بعد التجفيف فى الفرن ويعبر عنه بنسبة مئوية من الوزن الجاف .

تقدير نقطة الذبول الدائم :

تؤخذ عينة من الأرض وتوضع فى وعاء محكم لا ينفذ منه الماء لا تؤثر عليه ، ويستعمل نبات عباد الشمس فى كثير من الدراسات كنبات أختبار وتترك البذرة فى عينة الأرض حتى تنمو ويبلغ النبات حجما مناسبا ثم يغطى سطح الأرض بالشمع حتى لا يتبخر منه الماء ويكون منفذه عن طريق النبات وفى نهاية المدة تصل النباتات إلى حالة الذبول الدائم نتيجة فقد الماء بعملية النتح .

ويمكن الحكم على وصول النبات لحالة الذبول الدائم بوضع النبات طوال الليل فى جو مشبع ببخار الماء فلا يستعيد النبات حالته الطبيعية وتعتبر هذه النقطة من النقط الحرجة فى هذا التقدير فإذا ما تمت هذه الحالة تؤخذ عينة من الأرض ويقدر فيها ما تحتويه من الماء .

الماء الأرضى الميسور للنبات :

هو مقدار الفرق بين محتوى الأرض من الماء عند السعة الحقلية ومحتواها عند نقطة الذبول الدائم .

إمتصاص النبات للماء من الأرض :

يمكن للنبات أن يمتص الماء عن طريق الأوراق أو الأعضاء الهوائية أو عن طريق الجذور وبالنسبة للنباتات النامية فى الأرض فإن الامتصاص عن طريق الجذر هو المصدر الأساسى لمد النبات بحاجته من الماء .

وآلية إمتصاص الماء عن طريق الجذور تنقسم إلى نوعين :

١- الإمتصاص السلبى :

ينتقل الماء من المحلول الأرضى إلى خلايا جذور النبات عندما يكون نقص الضغط الانتشارى Deffsion Pressure Difcit فى عصير هذه الخلايا أعلى من نظيره للماء الأرضى ودخول الماء إلى خلايا الجذر بهذه الطريقة يطلق عليه الامتصاص السلبى لأن خلايا الجذر نفسها لم تقم بدور مباشر فيه فنقص الضغط الإنتشارى فيها ناتج عن ظروف نشأت فى الأعضاء العليا للنبات .

٢- الإمتصاص المباشر أو الإيجابى :

هو إمتصاص الماء من الأرض الناشئ عن الجذر نفسه ويعزى ذلك للضغط الجذرى فقد اتضح أنه بالرغم من انخفاض الضغط الاسموذى فى عصارة الانابيب الخشبية بالجذر فإن الضغط الاسموذى لها عادة أعلى من نقص الضغط الانتشارى D.P.D. للأرض عند السعة الحقلية وبالتالى يتحرك الماء من الأرض إلى الجذر.

والمقدار الذى يمتصه النبات بهذه الوسيلة أقل كثيراً مما يمتصه عن طريق الامتصاص السلبى ..

ويتأثر مقدار الماء الذى يمتصه النبات من الأرض بالعوامل الآتية :

١- المحتوى الرطوبى للأرض .
٢- تركيز المحلول الأرضى .
٣- تهوية الأرض .
٤- درجة حرارة الأرض .
٥- نمو الجذور ويدخل فى ذلك مدى إنتشارها بالأرض .

تسميد الأراضى المتأثرة بالأملاح

التسميد هو التطبيق العملى لعلم تغذية النبات ومنذ أن أتضح للباحثين أن النبات يمتص عناصر معينة فى صورة أيونية وأنه لا يتم دورة حياته إذا غاب أحد هذه العناصر من البيئة التى ينمو فيها وحلت هذه الآراء محل الآراء القديمة التى أشرنا إليها مثل أن النبات يتغذى على الماء أو أنه يتغذى على المادة العضوية منذ أوضح الباحثون دور العناصر فى صورها الأيونية البسيطة فى تغذية الحاصلات بدأ الإهتمام بإنتاج هذه (الأملاح) الضرورية لتغذية النبات وكان لوز Laws أول من ترجم هذه الأفكار إلى واقع فعظام الحيوانات مواد غنية بالفوسفور وهو من أول العناصر التى وضحت ضرورته للنباتات ولكن الفوسفور فى العظام فى صورة غير بسيطة لذا كان من الضرورى تحويل هذا الفوسفور المعقد إلى ملح فوسفات ذائب وذلك بمعاملة مسحوق العظام بحامض الكبريتيك واطلق على المركب الناتج سوبر فوسفات وهو تطبيق لرأى ليبج من قبل بأن القيمة الغذائية لمسحوق العظام تزداد بمعاملته بحامض الكبريتيك أو الكلوردريك .

بعد إنتاج السوبر فوسفات بدأ الزراع فى إنجلترا يستخدمونه وأنشأوا صناعات أخرى لإنتاج أسمدة البوتاسيوم من مناجمه فى ألمانيا ثم أسمدة

النتروجين وكانت الصناعة الأخيرة معتمدة على تجهيز رواسب النترات فى ساحل شيلى الغربى وغمرت العالم بسماد نترات الصودا الشيلى .

كان إنتاج الأسمدة (الكيميائية) خطوة حاسمة فى تاريخ البشر فبالأسمدة أمكن زيادة أنتاج الغذاء للملايين من البشر وفى التجارب الحقلية التى قمنا بها كان التسميد بالنتروجين يضاعف مقدار الذرة أو القمح الناتج من نفس المساحة .

وإذا كانت المساحة القابلة للزراعة فى العالم سنة (١٩٧٨) تتراوح من ٢,٨ مليون هكتار و٧ مليون هكتار حسب تقدير Powly سنة (١٩٧٠) أو ١٨ و ١٣ بليون هكتار حسب ما جاء فى خريطة أراضى العالم ولو أن نحو نصفها يعانى من التغطية بالثلوج الدائمة وأن جمهرة سكان العالم يعانون من أنخفاض مستوى المعيشة ونقص الغذاء فإن زيادة انتاج الغذاء يعتبر واجبا ضروريا على كل دولة وفى أغلب التجارب الحقلية التى قمنا بها أدت أضافة السماد إلى مضاعفة انتاج القمح أو الذرة من وحدة المساحة (الفدان أو الهكتار) فاذا كان تسميد المساحة المزروعة بالعالم بالأسمدة المناسبة وأهمها الأسمدة النيتروجينية يمكن أن يزيد إنتاج كل فدان واحد طناً واحداً من القمح أو الذرة فإن القمح الناتج يمكن أن يزيد بمقادير ذات أهمية لتقابل الزيادات فى اعداد السكان فالمتوقع أن يصل عدد سكان العالم سنة (٢٠٥٠) نحو ١١ بليون نفس .

فالتسميد (الكيميائى) هو تغذية الحاصلات حتى تنتج غذاء أكثر ولذا أقبل البشر على انتاج هذه الأسمدة بأنواعها المختلفة فى مختلف الدول وأصبح فى مصر مصانع لإنتاج أسمدة النيتروجين (بدأت بإنتاج نترات الكلسيوم ثم كبريتات الأمونيوم ثم نترات الأمونيوم ثم اليوريا) وكان إنتاج الأسمدة الفوسفورية قد سبق إنتاج الأسمدة النيتروجينية فأنتجت مصانع كفر الزيات ثم مصانع أبو زعبل

السوبرفوسفات وتبعها مصانع بأسيوط ، واستخراج الأباتايت من مناجمه بسواحل البحر الأحمر وأخيرا من مناجمه فى أبو طرطور بالواحات الخارجة .

وقد قابل استخدام السماد انتشار الأراضى الملحية (المتأثرة بالأملاح) فى مصر نتيجة الرى بدون صرف كفء فى بعض المناطق وأصبح التسميد مشكلة فى هذه الأراضى وفى غيرها من أراضى العالم إذ قدرت مساحة الأراضى المتأثرة بالأملاح بنحو ١٢٩ مليون هكتار منتشرة فى جميع قارات العالم .

ولوحظ أن استجابة الحاصلات المزروعة فى أراضٍ ملحية للأسمدة أقل مما هو متوقع وأصبح التسميد من الناحية الاقتصادية عملية مشكوكا فيها .

قامت هيئات البحث العلمى فى أنحاء متفرقة من العالم لدراسة هذه المشكلة " كيف يمارس الزراع تسميد أراضيهم إذا كانت ملحية أو صودية " فوجود تركيز عالٍ من الأملاح الذائبة ونسبة عالية من الصوديوم المتبادل وظروف تهوية سيئة وسوء النفاذية الأرضية صفات شائعة فى الأراضى المتأثرة بالأملاح وهى صفات تؤثر على نمو النبات وتحد من استجابته للتسميد فتسميد هذه الأراضى يماثل تغذية نبات مريض فهو لا يكاد يستفيد من هذه التغذية شيئاً .

كانت دراسات برنسين (Bernstsin, 1974) ذات أهمية وكان رأيه أنه يجب أن تقارن الفائدة التى تتحقق من طرد الأملاح من الأرض الملحية لتحسين الانتاجية والفائدة التى يمكن أن تتحقق من التسميد فى هذه الأرض :

أ) إذا أمكن تصحيح أحد هذين العاملين المحددين للإنتاجية وأن تصحيحه (بالغسيل أو أضافة السماد) يزيد الانتاج عن تصحيح العامل الآخر .

فإذا كانت ملحية الأرض المزروعة قمحا نحـو ١٢ دس/م فإضافـة السـماد لزيادة انتاجية القمح فى هذه الأرض لا تفيد بالمقارنـة مـع غسـيل هـذه الأرض لطرد الاملاح فيها وخفض ملحيتها حتى مسـتوى يمكـن للقمـح تحملـه وعمومـا فالتسميد إلى المستوى الذى تحققه فى الأراضـى غير الملحية لا يتوقع منه عائدا جيداً مادامت الأملاح تخفض المحصول بنسبة ٥٠٪ منه فى حالة الأرض غـير الملحية .

ب) على الجانب الآخر عندما تكون خصوبة الأرض وليست الملحية هـى العـامل السائد فإن الفائدة من التسميد تكون ذات تأثير على الأنتاجية أكـبر مـن الفـائدة التى يمكن أن تحقق من خفض الأملاح بالغسيل .

ج) والحالة الثالثـة تحدث عندمـا يكـون انخفـاض الانتاجيـة النـاتج عـن إنخفـاض خصوبـة الأرض وعـن ملحـية الأرض متـوازنان فـزيادة خصوبـة الارض والغسيل قد يعطيان زيادة متساوية فى الانتاجية على أى حـال التـأثير الأعلـى لكل من العاملين يحدث عندما لا يكون أى منهما عاملا محددا .

وتأثير الأملاح والنيـتروجين أو الفوسـفور علـى المكونـات المعدنيـة الأخـرى كانت تتوقف حسب كل محصول وأجرى العبيدى والرماح (١٩٨٠) تجارب حقليـة بـالعراق علـى أراضٍ مختلفـة ذات قـوام مختلـف وكـانت EC مختلفـة مـن ٨,٩ – ١٤,٦ د س/م بالنسبة للمساحة مكسبيال المزروعة قمحا مكسياك وبين ملحية ١,٧ – ٢٥,٨ د س/م فى تجربة الشعير وقد حصلا على إرتباط سـلبى بيـن المحصـول الناتج ودرجة الملحية بالنسبة للقمح (٠,٠٦ – r – ٠,٦٥) وبالنسبة للشعير كـانت " r " = (٠,٧٦ – ٠,٨٤) وأشـارا إلـى أن هـذه العلاقـات قـد تـأثرت بشـدة باختلافـات النترات والفوسـفور فى كل من الأرضين وعمـومـاً فإن التأثير الضار

للملحية قد أنخفض بزيادة خصوبة الأرض فقد لاحظا أن محصول القمح والشعير كان أعلى مع زيادة الفوسفور الأرضى مع ثبات مستوى الأملاح أما بالنسبة للنيتروجين فقد أشارا إلى أن الارتباط بين إختبار NO_3 والمحصول يرجع إلى تعقيدات فى العلاقات بين محصول الحبوب ومحتوى النترات وملحية الأرض .

ووجدا إرتباطاً معنوياً موجباً بين محتوى الأرض من NO_3 و EC الأرض وقد عرضا نتائجها بيانيا بين NO_3 والمحصول الناتج للشعير فكانت الاستجابة خطا مستقيما تحت EC منخفضة من صفر - ٤ د س/م ثم تغيرت إلى علاقة خط منحنى فى حالة EC أكبر من ٤ د س/م .

وقام المزاوى وسعد الله (١٩٨٠) بتجارب أوعية لدراسة أثر التسميد بالبورون والأملاح على محصول القمح مكسيباك وأوضحت دراستهما أنه فى حالة EC ٨,٢ أمكن الحصول على محصول من القمح فى وجود ١٦٠ كجم N /هـ للأرض ذات EC ٨,٢ دس/م وإضافة نفس مقدار N (١٦٠ كجم /هـ) إلى نباتات نامية على ارض ذات EC ١٥,٩ دس/م و ١٧,٩ دس/م أعطت محصولاً أقل كثيراً ومن رأيهما أن هذه النتائج تعزم آراء برنستين (١٩٧٤) إذا كان كل من إنخفاض الخصوبة ومن إرتفاع الملحية محددين للمحصول فإن إصلاح أحدهما الأكثر تحديدا للنمو يزيد المحصول وأما إذا كانت الخصوبة محددة والملحية محددة للمحصول فإن تحسن الخصوبة لا تتوقع أن تعطى زيادة فى الإنتاج .

ومن دراسة الكاتب (بلبع ١٩٦٣) وضح أن وزن القطن (بذور + شعير) الناتج عن إضافة نيتروجين وفوسفور إلى أرض غير ملحية كان أكبر منه فى حالة القطن النامى فى أرض ملحية .

وأستنتج من ذلك أن تسميد القطن فى أرض غير ملحية أكثر ربحاً منه فى أرض ملحية وفى نفس الوقت فإن انتاج القطن مع إضافة المعدلات الإقتصادية من النيتروجين كسماد كان أعلى فى أرض غير الملحية منه فى الأرض الملحية .

وأوضح عامر وزملاؤه (١٩٦٤) أن تقدير استفادة السماد النتروجينى من استخدام ميول العلاقة بين المحصول والنيتروجين (طريقة بلبع وبراى) المضاف كانت ٥٨٪ و ٤٦٪ بالنسبة للأرض غير الملحية والأرض الملحية على التوالى وأستخدم بلبع وبسيونى (١٩٦٨) الفوسفور المشع P^{32} فى تسميد الطماطم المروية بمياه بها كلوريد صوديوم وآخر به كلوريد كلسيوم وقد أتضح أن النباتات التى رويت بالماء المملح قد أفضت فوسفور أقل من النباتات التى رويت بماء الصنبور وكان النقص فى كل من مصدرى الفوسفور الأرضى والسمادى .

أختبر بيخهام وTorres (١٩٧٣) مقاومة أصناف من القمح المكسيكى ودرجة تأثرها بمستويات من NO_3 وملح Na Cl وأستخدما زراعات رملية لتسميد القمح حتى النضج فى توزيع عاملى partial foctorial مع ٥ مستويات من NO_3 و Na Cl وأستخدما ١٣ محلولاً مع ٤ مكررات وأحتوت هذه المحاليل على ٣ و ٦ و ٩ و ١٢ و ١٥ ملليمكافئ NO_3 مع Na Cl بتركيزات تعطى ضغطا إسموزياً صفر و ٢ و ٤ و ٦ و ٨ جو .

وأوضحت دراستهما أن التفريع وإخراج السنابل كان أكبر فى حالة ٩ ملليمكافئ NO_3 وأقل فى أعلى مستويات Na Cl (٨ جو) وكان إنتاج القش والحبوب ومستوى التفريع وإخراج السنابل أعلى فى حالة ٩-١٥ ملليمكافئ NO_3 / لتر بشرط عدم إرتفاع الملحية إرتفاعا زائداً .

وأوضح التحليل الكيميائى للأوراق المجموعة فى حالة إخراج السنابل أنه مع زيادة مستوى NO_3 فإن محتوى الكلوريد ينخفض وعند مستوى ٨ جو Na Cl إنخفض Na Cl فى الورقة من ٤,٣٧ - ٢,٤٣٪ .

تجمع الماء الأرضى فى الأرض Water logging

تواجد مستوى ماء أرضى ضحل يقلل النمو لأن الجذور لا تنمو طبيعيا ويقل الأوكسيجين، فقد وجد .,Goins, *et al* أن التركيب الكيميائى للذرة قد إختلف إختلافا واضحا بتغير عمق مستوى الماء الأرضى كما وجد Lal, taylor مثل هذه كما وجد أن محصول الذرة قد زاد بزيادة عمق مستوى الماء الأرضى حتى المستوى المناسب (٧٦-٨٦ سم) وهو ما أشار به Williams and Schilfgard لأن ظروف تشبع الأرض بالماء تؤدى إلى نقص التهوية وقد يؤدى ذلك إلى إختزال النترات إلى نتريت وقد أوضح Jordan أنه قد عزل ٢٢ ميكروب من ٥٩ ميكروب تم عزلها فى ظروف غير هوائية .

وقد نصحا بألا يقل عمق مستوى الماء الأرضى عن ٧٠سم وفى هذه الحالة يجب تسميد المحصول بالنتروجين وقام سرى بدراسة التبادل النفعى Symbiotic بين ميكروبات الرايزوبيوم Rhizobium والنباتات البقولية فى أراضى رملية أو ملحية أو صودية أو جيرية مستخدما نباتات الفول والبرسيم كحاصلات سنوية والبازلاء وفول الصويا أفضل من حيث تكون العقد الجذرية والمحصول الجاف وامتصاص النتروجين وتثبيته بعكس النباتات التى نمت فى الأراضى الأخرى بدون أملاح فتكون العقد وتثبيت النتروجين قد تحسن بعد إصلاح العيب ولم تتكون عقد فى جذور للنباتات التى نمت فى الأرض الملحية .

معوقات الانتاج الناتجة عن الخواص الفيزيائية للأرض :

فى حالة الأرض الصودية غير الملحية تكون الخواص الفيزيانية للأرض سيئة فحبيبات الأرض تكون مفرقه مما يؤدى إلى سوء نفاذية الأرض وسوء النفاذية يجعل الأرض أقل قدرة على مد النبات بالماء وقد تزيد الصعوبات بالنسبة للنبات نتيجة ارتفاع مستوى الماء الأرضى وانخفاض الأوكسجين وصعوبة خدمة الأرض .

وأوضح Acharya *et al*., أن معدل سحب الماء بالجذور من قطاع الأرض المزروعة بالخردل Brassica juncea من الأرض ذات نسبة ص متبادل ٪ ESP ٣٨٪ من الطبقة السطحية ٠,١٤١ سم/يوم بالمقارنة مع ٠,٢٣٣ سم/يوم من الأرض ذات ESP ٠,٠٤ وفى حالة ESP ٧٨٪ وبالنسبة لطبقات الأرض أعمق من ٣٠ سم لم يتغير ففى ESP منخفضة حدث استخلاص الماء بواسطة الجذور حتى عمق ٦٠ سم .

ونوجه النظر إلى أنه إذا كانت الخواص الفيزيائية للأراضى الصودية لم تظهر فى حالة ESP ١٥ أو أكثر فإن النباتات قد تنمو طبيعيا أو بالعكس وذلك حسب درجة حساسيتها للصوديوم المتبادل .

وأوضحت دراسة (١٩٧١) Mahaputra أن سلوك الفوسفور فى أرض مغمورة بالماء يختلف كثيرا عنه فى أرض غير مغمورة وهذا الإختلاف فى السلوك ذو أهمية تطبيقية بالنسبة لتسميد الأرض بالفوسفور فالعلاقة بين الفوسفور المستخلص واستجابة النبات فى حالة الأرض غير المغمورة ذات أهمية إذا زرعت الأرض بالأرز وعموما فالأرز في الأراضى المغمورة المزروعة بالأرز يعطى استجابة منخفضة للفوسفور عن الأرض غير المغمورة .

وأتضحت زيادة الفوسفور الميسور سواء الفوسفور الأرضى أو المضاف فى الأرض المغمورة مقارنا بالأرض غير المغمورة قد أصبح مقبولا .

وأضاف (١٩٨٠) Patel *et al*. أن إضافات من الجبس والسماد إلى أرض ملحية صودية (EC 30 ds/m ESP 20 فى الطبقة السطحية) وزرعت الأرض بالأرز وتبعيه قمح ثم أرز وأوضحت نتائجهم أن المحصول الأول من الأرز المسمد بالنيتروجين والفوسفور وNPK وNP و N + عناصر صغرى كان ناجحا فزاد الإنتاج من ٢٠٣٤ إلى ٣٦١٧ كجم/هكتار بدون جبس وأن نفس الإنتاج قد حصلوا عليه فى الحاصلات التالية للقمح والأرز .

ومن دراسات Ragpur *et al.* (1980) أن إستجابة بنجر السكر وإضافات النيتروجين فى حالة الأرض غير الملحية (Ec 0.67 ds/m) و pH ٩,٦ فى الطبقة السطحية كان خطاً مستقيماً حتى إضافة ١٠٠ كجم نيتروجين /هكتار .

وأجرى واجنت تجربة فى الصوبة لدراسة أثار ملحية الماء والسماد على الشعير واستخدم ٣ مستويات من ملحية الماء وأربع مستويات سماد النيتروجين و٣ مستويات من الفوسفور و٣ ريات على أرض ملحية غير جبسية .

وكانت نتائجهم أن محصول الحبوب الجافة قد نقص بتقليل عدد الريات من ٢-٨ أيام وبزيادة ملحية ماء الرى من ٠,٥ إلى ١٣,٥ د س/م ، ولم تؤد إضافة سماد النتروجين إلى زيادة مقاومة النبات للأملاح ونتج عن ذلك انخفاض الانتاج مع زيادة التفريع على حساب ملء الحبوب ولم يتغير الوزن الجاف أو وزن الحبوب بزيادة اضافات الفوسفور وقام نفس الباحث Wagenet *et al.* (1983) بدراسة آثار خصوبة الأرض بالتسميد والفوسفور والبوتاسيوم ومعاملات ملحية الماء على نباتات بقولية (Snap bean) فى الصوبة مع ثلاث مستويات من ملحية الماء و٣ فترات للرى ومستوين من النتروجين المضاف مع ماء الرى و٧ مستويات من الفوسفور والبوتاسيوم وكان الهدف من الدراسة هو تقدير أن ملحية ماء الرى يمكن التغلب عليها بزيادة التسميد أو تحسين معاملات الرى وقد وجد أن محصول الفول قد إنخفض بتقليل مرات الرى وبزيادة ملحية ماء الرى مادامت ملحية الأرض تصبح شديدة الإرتفاع (٨,٠ د س/م) وأنتج النيتروجين المضاف زيادة فى المحصول فى جميع المعاملات فى مجموعة من التجارب عندما كانت الصوبة حارة جافة وتسمح ببخر- نتح مرتفع ولم يلاحظ تأثير للنيتروجين فى مجموعة أخرى من التجارب .

والحالة الثالثة تكون عندما تتعادل إنخفاض انتاجية الأرض نتيجة انخفاض الخصوبة وزيادة الملحية .

أوضح Ramamorthy أن نتائج تجارب حقلية أجريت لدراسة العلاقة بين محصول القمح والتسميد وتأثرها بملحية الأرض أن الأضافة المحسوبة من السماد

للحصول على الأضافة الاقتصادية كانت ١٨٣ N و ٤٧ P_2O_5 و ٦٧ K_2O (كجم /هكتار) عند درجة ملحية ٠,٨٤ د س /م و SAR ٢,٧٧ .

وكان تأثير الملحية والصودية مقدرة بوحدات SAR, EC أكثر أهمية فى القطع غير المسمدة Control من القطع المسمدة وهو ما أوضحه قيمة R^2 فى القطع غير المسمدة عن القطع المسمدة نتيجة إدخال SAR, EC فى معادلات الدرجة الثانية .

وقد وضح من معادلات الدرجة الثانية التى شملت أثر السماد و EC أن الكميات المناسبة من السماد يمكن أن تكون معتمدة على مستوى الملحية وأجرى برنشنين وزملاؤه تجارب فى الهواء الطلق فى زراعات رملية باستخدام الذرة والقمح والشعير و ٦ أنواع من الخضر نمت حتى النضج وكانت نتائجهم أن زيادة مستوى الفوسفور (من ٠,١ إلى ٠,٢ ميللومول) زادت ضرر الملحية الأرضية فى حالة الذرة وقلت أهمية الملوحة وخفض البوتاسيوم من ٢ إلى ٠,٤ ملليمكافئ/لتر كان تأثيره غير مستقر فى حالة نقص مستوى N أو P بينما أثرت الملحية الأرضية تأثيراً شديداً على النمو وإستجابة بعض النباتات للتسميد لم تزد الملحية الضرر من انخفاض N و P من ملاحظة نتروجين وفوسفور الأوراق .

وتحول نباتات الكرنب والبرركولى إلى نباتات لا تتأثر بالملحية عند نقص N أو P أما الخضر الأخرى وهى الخس والجزر والبنجر والبصل فقد إتجهت نحو الاحتفاظ بتحملها للأملاح عندما تكون N و P ناقصين والنقص البسيط فى N أو P خفض نمو البصل ، وحالة وجود أملاح كان له تأثير بسيط أو لا تأثير له على محصول البصل عند ظروف ملحية .

وواضح أن الجزر يماثل البصل حتى فى حالة النقص الشديد فى النيتروجين أما البنجر فكان محصوله أعلى عنه فى وجود نقص شديد فى النيتروجين أما البنجر فكان محصوله أعلى عنه فى حالة أرض غير ملحية (كونترول) غير أنه إنخفض فى حالة الملحية العالية ولم يوجد أى دليل على حساسية زائدة للأملاح عندما كانت الخصوبة عاملاً محدداً .

REFERENCES

- Amin, J.V. and H.E. Johan (1980). Growth of cotton as influenced by two substrate molybdenum. Soil Sci., 89: 102-107.
- Babcock, K.C. (1961). The soil as a medium for plant growth.
- Bailey, C.H. and A.M. Gwyar (1918). Respiration of stared wheat. J. Agric Res., 12: 685-713.
- Balba, A.M. (1957). Effect of water with different sodium and carbonate concentrations on the soil chemical properties and the growth and composition of plant. J. Soil Sci., UAR., 1: 85-97.
- Barber, S.A.; J.M. Walker and E.H. Vasey (1936). Mechanisms for the movement of plant nutrients from the soil and fertilizer to plant root Agric. and Food Chem., Vol. 11: 204-207.
- Barshad, I. (1950). The effect of the interlayer cations on the expansion of the mica type of crystal lattice Am. Miner., 35: 252-235.
- Bartlet, R.I. (1964). Measurement of cation and anion exchange capacities of roots using Na Cl exchange. Soil Sci., 98: 351-357.
- Bear, F.E. (1962). Chemistry of the Soil and 2nd ed. ACS. Monograph No. 160 Reinhold Pub. Co. N.Y.
- Black, C.A. (1957). Soil- Plant Relationships. J. Wiley & Sons. Inc. N.Y.
- Bray, R.H. (1942). Ionic composition in base exchange reactions. J. Amer. Chem. Soc., 64: 954-963.

- Broyer, T.G. (1965). Some aspects of inorganic plant nitration including studies on selenium. Ankara symp. For Isotope & Radiation. pp.181-205.
- Buehrer, T.F. and Rose, M.S. (1945). Studies in soil structure. I- Bound water in normal and puddled soils Ariz. Expt. Sta Tech. Bul. No.100.
- Chapman. H.D.; G.F. Liebig and A.P. Vanselow (1941). Some nutritional relationships revealed by a study of mineral deffiency and excess symptoms. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 1939: 196-200.
- Drake. M.J.; S.J. Vengris and W.C. Collgy (1951). Colby cation exchange capacity of plant roots. Soil Sci., 72: 131-147.
- Elgabaly, M.M. (1955). Specific effects of adsorbed ions on plant growth. Soil Sci., 80: 238- 248.
- Elgabaly, M.M. and I. Wiklander (1962). The mechanism of anion uptake by plant roots. Soil Sci., 931: 281-285.
- Ewing, D.T. and Surway, C.I.T. (1930). The density of water adsorbed on silica gel. Jour. Am. Chem. Soc.,.52: 4635-4641.
- Fried, M. and L.A. Dean (1952). A concept concerning the measurement of available soil nutrients. Soil Sci., 73: 263-272.
- Fried, M. and R.E. Shaprio (1961). Annual Review of plant Physiology. 12 : P.91.
- Fried, M.; K. Jensho and F. Zsaldas (1965). Effect of reduced oxygen tension on the uptake of inorganic ions by rice and barley. Isotope and Rad. Ankara Symp., pp.234-240.
- Geiseking. J. and H. Jenny (1936). Behavior of polyvalent cations in base exchange. Soil Sci., 42: 273-280.

- Glauser, R. and H. Jenny (1962). Two phase studies on availability of iron in calcareous soils. I- Experiments with alfalfa plants Agrochemical. 12: 263-278.
- Grim, R.E. (1983). Clay Mineralogy Mc Grow Hill N.Y. III contact exchange diffusion ionic membrane Agrochemical. 5: P.1.
- Jenney, H. (1957). Contact exchange phenomenon between adsorbents and their significance in plant nutrition. Mineral Nitration of Plants, E. Troug ed.
- Mc Cants, C.B. and Black (1957). A biological slope ratio method for evaluating nutrient availability in soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 21: 296-301.
- Melsted, S.W. (1953). Some observed Ca deficiencies in corn under field conditions. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 17: 52-54.
- Olsen, S.R.; C.V. Cole; F.S. Watanabe and L.A. Dean (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U.S.D.A. Circular. P. 939.
- Rassell, E.J. (1952). Soil Conditions and Plant Growth. Green Co. N.Y.
- Staut, P. (1940). Alteration in crystal structure of clay minerals as a result of phosphate fixation. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 4: 177-182.
- Vlamis, J. and A.R. Davis (1943). Germination, growth and respiration of rice and borley seedlings at low oxygen pressures. Plant physiology. 18: 685-692.
- Viets, F.G. (1965). In Soil Nitrogen by W.V. Bartholomew chapter 14.
- Williams, D.C. and N.J. Coleman (1950). Cation exchange properties of plant root surface. Plant & Soil., Vol.II: 243-253.

العناصر الثقيلة (الصغرى)

فى الأرض والنبات والبيئة

دكتور

عبد المنعم محمد بلبع

B. Sc. Dipl. (Stat.), MS.c., Ph.D

أستاذ علوم الأراضى والمياه

كلية الزراعة - جامعة الإسكندرية

١٤٢٢هـ - ٢٠٠١م

كتب علمية وثقافية للأستاذ الدكتور عبد المنعم بلبع

Published Books by: Prof. Dr. A.M. Balba

باللغة العربية

١- **فحص الأراضى** Soils Examination ١٩٦٩ (٢٠٠ صفحة) - دار المعارف .

٢- **خصوبة الأراضى والتسميد** (الطبعة الرابعة ١٩٨٠)
Soil Fertility and Ferilization 4th. Edn.
(٥٨٠ صفحة ٥٦ جدول - رسوم توضيحية - مراجع) - دار المطبوعات الجديدة - الأسكندرية .

٣- **استصلاح وتحسين الأراضى** (الطبعة الخامسة ١٩٨١)
Land Reclamation and Improvement 4th. Edn.
(٦٦٤ صفحة - جداول - ٣٣ رسم توضيحى - مراجع) - دار المطبوعات الجديدة - الأسكندرية .

٤- **الأرض والأنسان فى الوطن العربى** - (دار المطبوعات الجديدة) .
Soils and Man In The Arab Countres

٥- **أضواء على الزراعة العربية** - (دار المطبوعات الجديدة) .
Light on Arab Agriculture

٦- **المجـــــر** Hungary ١٩٦٩ - (دار المعارف) .

٧- **الأتربة المتأثرة بالأملاح** ١٩٧٩ - (الناشر FAO - روما)
Salt - Affected Soils
(١٣٥ صفحة قطع كبير - جداول - ٢٣ رسم توضيحى - مراجع) .

٨ - **مصطلحات علم الأراضى بالأنجليزية ومرادفاتها العربية** ١٩٨٢
Arabic - English Expressions in Soil Science
(٢٠٠٠ مصطلح - ٨٠ صفحة - أ.د عبد المنعم بلبع و أ.د. السيد خليل-عطـا) .

٩- **أمس واليوم وغدا ١٩٨٤ (آراء ومقترحات عن الجامعات المصرية)**
Yesterday, Today & Tomorrow (Suggestions Concerning The Egyptian Universities).

١٠- **البحث العلمي...صانع التقدم** — Scientific Research The Maker of Progress

١١- **الماء مأزق...ومواجهات** — Water and its Role in Development
(دار المطبوعات الجديدة - منشأة المعارف) .

١٢- **الأسمدة والتسميد** ١٩٩٨ - منشأة المعارف. — Fertilizers and Fertilization

١٣- **استزراع أراضى الصحارى والمناطق الجافة فى مصر والوطن العربى** ١٩٧٧
- منشأة المعارف . — Utilization of Desert Soils in Egypt & Arab Countries

١٤- **الأرض والماء والتنمية فى الوطن العربى** ١٩٩٩ منشأة المعارف.
Soils. Water and Development in Arab Countries

١٥- **الأرض .. مورد طبيعي لخير البشر** ١٩٩٩ منشأة المعارف.
The land. a Natural Resource for The Benefit of the People

١٦- **التعبير الكمى عن استجابة المحاصيل للتسميد**
(الناشر : جمعية أ.د. عبد المنعم بلبع لبحوث الأراضى والمياه) .

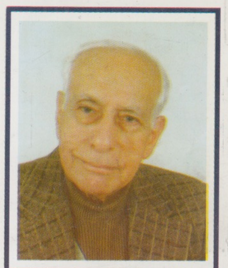
١٧- **تقويم وتثمين الأراضى الزراعية** .. ١٩٩٩ منشأة المعارف .

١٨- **عالم يحاصره التلوث** - عام ٢٠٠٠ منشأة المعارف .

١٩- **أحياء تحت سطح الأرض** - عام ٢٠٠٠ الشنهابى للطباعة والنشر.

٢٠ - **فحص الأراضى الزراعية وإختبار خصوبتها وصلاحية الماء للرى** ٢٠٠١ ، الشنهابى

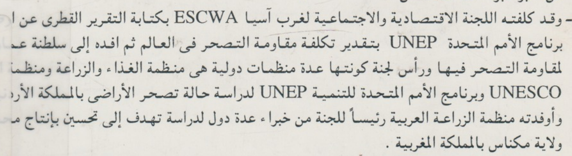
21- **Management of Problem Soils in Arid Ecosystems**. CRC. N.Y.
22- **Calcareous Soils**.
23- **Nitrogen Relations with Soils and Plants**.
24- **Fifty Years of Phsphorus Studies in Egypt**.
(pub. by: prof. Dr. A.M. Balba Sco. for Soil & Water Research)



الكاتب فى سطـــور...

عبد المنعم بلبــع

- أستاذ علوم الأراضى والمياه بقسم الأراضى والمياه بكلية الزراعة بجامعة الإسكندرية منذ عام ١٩٧٠ .
- اصدر كتبا متعددة فى علوم الأراضى والمياه ونشر أكثر من ثمانين بحثاً فى هذا المجال فى الدوريات العلمية المصرية والأجنبية .
- اصدر وراس تحرير مجلة الاسكندرية لتبادل العلوم Alex.Sci Exch لتدعم النشر العلمى فى وقت كان النشر العلمى فى مصر يمر بأزمة خانقة .
- تخرج فى كلية الزراعة بالقاهرة ثم حصل على دبلوم عالى فى الاحصاء من معهد الإحصاء بجامعة القاهرة والتحق بمعهد الصحافة(بجامعة القاهرة ولكنه قبل أن يتم دراسته فيه أوفد إلى الولايات المتحدة الأمريكية حيث حصل على درجة الماجستير من جامعة اريزونا سنة ١٩٥٣ ثم حصل على درجة الدكتوراه من جامعة الينوى سنة ١٩٥٦ وعاد إلى مصر حيث التحق بعمله قبل سفره إلى الولايات المتحدة -أخصائيا فى قسم الكيمياء بوزارة الزراعة ثم عين مدرسا بقسم علوم الأراضى بكلية الزراعة بجامعة الإسكندرية حيث يعمل حتى اليوم متدرجاً إلى وظيفة أستاذ.
- وخلال هذه الفترة الطويلة ساهم فى تدريس مقررات علم الأرض لطلاب مرحلة البكالوريوس والدراسات العليا وقام بدراسات متعددة فى مجالات هذا العلم منها دراسات إستصلاح واستزراع الأراضى ودراسات النتروجين والفوسفور والبوتاسيوم وكيمياء الصور السمادية المختلفة فى الأراضى المصرية ومدى حاجة الحاصلات المصرية للعناصر الكبرى فى الأرض على اختلاف أنواعها .
- وقد اهتم الكاتب بالتعبير الكمى عن استجابة الحاصلات للتسميد وحساب كفاءة السماد والتعبير رياضيا عن أثر العوامل المختلفة سواء الأرض أو درجة الملحية وغيرها على كفاءة هذا السماد وتصحيح بعض المفاهيم التى كانت شائعة فى تقدير خصوبة الأراضى وحساب الإضافة الاقتصادية من السماد .
- وفى مجال الحصر التصنيفى للتربة قام الكاتب بعمل أول حصر تصنيفى لإراضى الساحل الشمالى الغربى .
- كما ساهم فى دراسات مدى تلوث مياه غرب الدلتا .
- وقد دأب الكاتب على المساهمة فى لجان تطوير التعليم الجامعى وما يعقد من مؤتمرات لهذا الغرض ونشر مقالات متعددة ذات صلة وثيقة به وقدم مذكرة لمؤتمر إدارة وتنظيم الجامعات .
- وقد ساهم الكاتب فى العديد من المؤتمرات الدولية ورأس بعض جلساتها وقد أتاح ذلك له زيارة جميع الدول العربية والعديد من دول العالم الأخرى بأوربا وأمريكا وكانت هذه المؤتمرات فرصة يندر أن تتاح للكثيرين وتحدث إلى العديد من أكبر خبراء هذا التخصص .



- وقد كلفته اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغرب آسيا ESCWA بكتابة التقرير القطرى عن ا[illegible] برنامج الأمم المتحدة UNEP بتقدير تكلفة مقاومة التصحر فى العالم ثم افده إلى سلطنة عـ[illegible] لمقاومة التصحر فيها ورأس لجنة كونتها عدة منظمات دولية هى منظمة الغذاء والزراعة ومنظمـ[illegible] UNESCO وبرنامج الأمم المتحدة للتنمية UNEP لدراسة حالة تصحر الأراضى بالمملكة الأر[illegible] وأوفدته منظمة الزراعة العربية رئيساً للجنة من خبراء عدة دول لدراسة تهدف إلى تحسين بإنتاج مـ[illegible] ولاية مكناس بالمملكة المغربية .
- ودعته منظمات UNESCO,FAO والجمعية الدولية لعلوم الأراضى للمساهمة فى اجتماعات لو[illegible] إراضى العالم فى جنيف وروما ثم دعته منظمة FAO لوضع كتاب قامت بنشره عن الأراضى الملحيـ[illegible]
- وعينته وزارة الزراعة المصرية رئيسامناوبا للجنة من الخبراء المصرين وغيرهم لدراسة بحوث الأراضى وحالة المعامل على مستوى الجمهورية وأصدر مكتب المنظمة فى الشرق الأوسط كتاباعن أعـ[illegible]
- وفى السنوات العشرين الأخيرة قام الكاتب بوضع نحو عشرين كتاباً باللغة العربية و الإنجليزية تعتبر مرجعاً للدارسين فى هذا المجال والعاملين فيه فى أنحاء الوطن العربى .

- حاصل على جائزة الدولة التقديرية فى العلوم الزراعية عام ٢٠٠١ .

